



Centre Africain de Recherches sur Bananiers et Plantains

Etude de faisabilité sur l'adaptation de procédés innovants permettant de contrôler la qualité bactérienne et fongique des eaux de lavage et de maîtriser les effluents des stations de lavage au Cameroun

RAPPORT FINAL D'EXECUTION

Contrat de service N° 002/09

Financement : ATF 2002



Gérard Ngoh Newilah, *CARBAP*
Luc de Lapeyre de Bellaire, *CIRAD*
Christelle Wisniewski, *Université Montpellier 1 – CIRAD*
Marie –Noëlle Ducamp, *CIRAD*
Didier Robert, *Université de Metz*
Didier Montet, *CIRAD*

NJOMBE, Avril 2010

Document CARBAP

005/CARBAP/2010

SOMMAIRE

	<i>Sommaire</i>	2
	<i>Liste des tableaux</i>	4
	<i>Liste des figures</i>	5
	<i>Liste des photos</i>	6
	<i>Liste des annexes</i>	7
1	Description	8
1.1	<i>Nom du bénéficiaire du contrat de subvention</i>	8
1.2	<i>Nom et fonction de la personne de contact</i>	8
1.3	<i>Nom des partenaires de l'Action</i>	8
1.4	<i>Intitulé de l'Action</i>	8
1.5	<i>Numéro du contrat</i>	8
1.6	<i>Date de début et date de fin de la période de reporting</i>	8
1.7	<i>Pays ou région(s) cible(s)</i>	8
1.8	<i>Bénéficiaires finaux et/ou groupes cibles</i>	8
1.9	<i>Pays dans lequel/lesquels les activités sont réalisées</i>	8
2	<i>Evaluation de la mise en œuvre des activités de l'Action</i>	9
2.1	<i>Rappel du contexte de l'étude</i>	9
2.2	<i>Rappel des objectifs de l'étude et de la méthodologie</i>	10
2.2.1	<i>Objectifs</i>	10
2.2.2	<i>Méthodologie</i>	10
2.3	<i>Résumé de l'Action</i>	11
2.4	<i>Activités et résultats</i>	12
2.4.1.	<i>Etat des lieux et diagnostic des stations</i>	12
	<i>A. Activités spécifiques 1 & 3 : typologie des stations de conditionnement en fonction du mode d'utilisation de l'eau</i>	12
	<i>1. Stations en eau perdue</i>	12
	<i>1.a. Les stations de la CDC : le cas de Mafanja 2</i>	12
	<i>1.b. La station Mantem 2 de la PHP</i>	17
	<i>2. Station en eau recyclée tous les jours : le cas des stations de la SPM</i>	19
	<i>3. Station en eau recyclée tous les trois jours : les cas de Djoungo et Njombé palmeraie</i>	25
	<i>4. Station en eau recyclée tous les six jours : Mpoula 1 et PHP Bas</i>	29
	<i>5. Les substances et autres produits chimiques utilisées en station d'emballage des bananes dessert au Cameroun</i>	32
	<i>5.1. CDC – DMC</i>	32
	<i>5.2. PHP</i>	32
	<i>5.3. SPM</i>	33
	<i>6. Les bouillies fongicides utilisées en station d'emballage des bananes dessert au Cameroun</i>	36
	<i>6.1. CDC - DMC</i>	36
	<i>6.2. PHP</i>	37
	<i>6.3. SPM</i>	38
	<i>B. Activité spécifique 2 : analyse physicochimique et bactériologique des eaux</i>	40
	<i>1. Préambule</i>	40
	<i>2. Analyse des stations sélectionnées</i>	40
	<i>2.1. Protocole d'échantillonnage</i>	40
	<i>2.1.1. Station en eau recyclée (2 à la SPM et 4 à la PHP)</i>	40
	<i>2.1.2. Station en eau perdue</i>	41
	<i>2.2. Collecte des échantillons d'eau de lavage</i>	42
	<i>2.3. Analyses physicochimiques et bactériologiques</i>	42
	<i>3. Résultats d'analyse</i>	45
	<i>3.1. Analyses microbiologiques des eaux de lavage</i>	45

3.1.1. Station en eau perdue (1 PHP & 1 CDC-DMC)	45
3.1.2. Station en eau recyclée (2 SPM & 4 PHP)	46
3.1.2.1. Vidange journalière du bac de reprise : Douanes & Siège	46
3.1.2.2. Vidange bihebdomadaire du bac de reprise : Njombé Palmeraie & Djoungo	48
3.1.2.3. Vidange hebdomadaire du bac de reprise : Mpoula 1 & PHP Bas	51
3.2. Caractérisation physicochimique des eaux de lavage	54
3.2.1. Station en eau perdue (1 PHP & 1 CDC-DMC)	54
3.2.2. Station en eau recyclée (2 SPM & 4 PHP)	55
3.2.2.1. Vidange journalière du bac de reprise : Douanes & Siège	55
3.2.2.2. Vidange bihebdomadaire du bac de reprise : Njombé Palmeraie & Djoungo	55
3.2.2.3. Vidange hebdomadaire du bac de reprise : Mpoula 1 & PHP Bas	56
2.4.2. Propositions	58
A. Améliorations à court terme	58
1. Recommandations générales pour la plupart des stations	58
2. Recommandations spécifiques par station	63
2.1. Cas des deux stations en eau perdue	63
2.1.1. Mantem 2 (PHP)	63
2.1.2. Mafanja 2 (CDC)	64
2.2. Cas des deux stations en recyclage journalier	65
2.2.1. Douanes (SPM)	65
2.2.2. Siège (SPM)	66
2.3. Cas des deux stations en eau avec recyclage tous les 3 jours	67
2.3.1. Njombe palmeraie	67
2.3.2. Djoungo	68
2.4. Cas des deux stations en eau avec recyclage tous les 6 jours	69
2.4.1. Mpoula 1	69
2.4.2. PHP bas	70
B. Améliorations à long terme	71
1. Proposition de procédés économiques et écologiques pour la maîtrise de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux des stations de conditionnement	71
1.i. Contexte et état des lieux	71
1.ii. Mise en place de la filière	72
2. Proposition des procédés économiques et écologiques pour le recyclage des bouillies fongicides récupérées dans les stations de conditionnement (phytobacs ou autres...)	82
2.1. Rappel de la situation sur la collecte et/ou le rejet des bouillies fongicides et de la nécessité de recycler et de traiter.	82
2.2. Proposition d'un procédé économique et écologique pour le traitement spécifique des bouillies fongicides après utilisation : la photocatalyse solaire.	82
2.2.1. Présentation	82
2.2.2. Collecte des effluents	83
2.2.3. Mise en œuvre	83
3. Proposition des méthodologies simples et innovantes pour établir un diagnostic continu de la qualité (risques sanitaires et phytosanitaires) des eaux des stations de conditionnement du Cameroun	85
3 Annexe	88

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	<i>Stations de conditionnement des bananes dessert caractérisées</i>	12
Tableau 2 :	<i>Source d'approvisionnement en eau de lavage utilisée dans les stations de la CDC</i>	13
Tableau 3 :	<i>Quelques caractéristiques des bacs de soins aux fruits à la CDC</i>	14
Tableau 4 :	<i>Comparaison des volumes d'eau utilisée dans les stations en eau perdue des plantations CDC et PHP</i>	19
Tableau 5 :	<i>Source d'approvisionnement en eau de lavage utilisée dans les stations de la SPM</i>	20
Tableau 6 :	<i>Quelques caractéristiques des bacs de soins aux fruits à la SPM</i>	21
Tableau 7 :	<i>Quelques caractéristiques des bacs de recyclage de la SPM</i>	23
Tableau 8 :	<i>Comparaison de quelques paramètres des stations Siège et Douanes</i>	25
Tableau 9 :	<i>Comparaison des critères des stations dont la vidange du bac de reprise est bihebdomadaire</i>	26
Tableau 10 :	<i>Quelques paramètres des stations dont la vidange du bac de reprise est hebdomadaire</i>	32
Tableau 11 :	<i>Fréquence d'utilisation des produits chimiques dans les stations d'emballage de la PHP</i>	34
Tableau 12 :	<i>Fréquence d'utilisation des produits chimiques dans les stations d'emballage de la SPM</i>	35
Tableau 13 :	<i>Volume journalier de bouillie fongicide utilisée dans les stations d'emballage (CDC)</i>	36
Tableau 14 :	<i>Volume journalier de bouillie fongicide utilisée dans les stations d'emballage de la PHP</i>	38
Tableau 15 :	<i>Volume journalier de bouillie fongicide utilisée dans les stations de conditionnement de la SPM</i>	39
Tableau 16 :	<i>Echantillons prélevés au cours de la campagne de collecte d'eau de lavage</i>	43
Tableau 17 :	<i>Paramètres évalués et principe d'analyse</i>	44
Tableau 18 :	<i>Critères bactériologiques des eaux de lavage en station non-recyclée (PHP & CDC)</i>	45
Tableau 19 :	<i>Evolution de critères bactériologiques étudiés en station recyclée dont la fréquence de vidange est journalière à la SPM</i>	47
Tableau 20 :	<i>Espèces bactériologiques isolées des échantillons provenant de la station Douanes</i>	47
Tableau 21 :	<i>Espèces bactériologiques isolées des échantillons provenant de la station Siège</i>	47
Tableau 22 :	<i>Evolution des critères bactériologiques des eaux provenant des stations en eau recyclée dont la fréquence de vidange est bihebdomadaire (PHP)</i>	49
Tableau 23 :	<i>Espèces bactériologiques isolées des échantillons provenant de la station Djoungo : vidange bihebdomadaire (PHP)</i>	50
Tableau 24 :	<i>Espèces bactériologiques isolées des échantillons provenant de la station Njombé Palmeraie : vidange bihebdomadaire (PHP)</i>	50
Tableau 25 :	<i>Evolution de quelques critères bactériologiques en station recyclée dont la fréquence de vidange est hebdomadaire (PHP)</i>	52
Tableau 26 :	<i>Espèces bactériologiques isolées des échantillons provenant de PHP Bas</i>	52
Tableau 27 :	<i>Espèces bactériologiques isolées des échantillons provenant de Mpoula 1</i>	53
Tableau 28 :	<i>Critères physicochimiques des eaux de lavage en station non-recyclée (PHP et CDC)</i>	54
Tableau 29 :	<i>Evolution de quelques critères physicochimiques en station recyclée dont la fréquence de vidange du bac de reprise est journalière (SPM)</i>	55
Tableau 30 :	<i>Evolution des critères physicochimiques en station recyclée dont la fréquence de vidange est bihebdomadaire (PHP)</i>	56
Tableau 31 :	<i>Evolution de critères physicochimiques en station recyclée dont la fréquence de vidange est hebdomadaire (PHP)</i>	57
Tableau 32 :	<i>Synthèse de la flore bactérienne pathogène des eaux de lavage des 8 stations caractérisées</i>	62

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	<i>Vue synoptique d'une station en eau continue de CDC – DMC : le cas de Mafanja 2</i>	16
Figure 2 :	<i>vue synoptique de la station en eau perdue de la PHP : Mantem 2</i>	18
Figure 3 :	<i>Vue synoptique de la station Siège dont la fréquence de vidange du bac de recyclage est journalière</i>	24
Figure 4 :	<i>Vue synoptique de la station Douanes dont la fréquence de vidange du bac de recyclage est journalière</i>	24
Figure 5 :	<i>vue synoptique de la station Njombé Palmeraie (PHP) : vidange bihebdomadaire</i>	28
Figure 6 :	<i>vue synoptique de la station Djoungo (PHP) : vidange bihebdomadaire</i>	28
Figure 7 :	<i>vue synoptique de Mpoula 1 : Vidange hebdomadaire</i>	31
Figure 8 :	<i>vue synoptique de la station PHP Bas : vidange hebdomadaire</i>	31
Figure 9 :	<i>Répartition des espèces isolées dans les stations d'emballage en eau perdue au Cameroun</i>	46
Figure 10 :	<i>Répartition des espèces isolées dans les stations dont la fréquence de vidange est journalière (SPM)</i>	48
Figure 11 :	<i>Répartition des espèces isolées dans les stations dont la fréquence de vidange est bihebdomadaire (PHP)</i>	51
Figure 12 :	<i>Répartition des espèces isolées dans les stations dont la fréquence de vidange est hebdomadaire (PHP)</i>	53
Figure 13 :	<i>Synthèse des caractéristiques de Mantem 2 (PHP)</i>	63
Figure 14 :	<i>Synthèse des caractéristiques de Mafanja two (CDC – DMC)</i>	64
Figure 15 :	<i>Synthèse des caractéristiques de Douanes (SPM)</i>	65
Figure 16 :	<i>Synthèse des caractéristiques de Siège (SPM)</i>	66
Figure 17 :	<i>Synthèse des caractéristiques de Njombé palmeraie (PHP)</i>	68
Figure 18 :	<i>Synthèse des caractéristiques de Djoungo (PHP)</i>	68
Figure 19 :	<i>Synthèse de quelques caractéristiques de Mpoula 1 (PHP)</i>	69
Figure 20 :	<i>Synthèse de quelques caractéristiques de PHP bas (PHP)</i>	70
Figure 21 :	<i>Circuit de l'eau</i>	72
Figure 22 :	<i>Filière de traitement proposé</i>	73
Figure 23 :	<i>Jar test</i>	74
Figure 24 :	<i>Configurations membranaires</i>	76
Figure 25 :	<i>Catallix®</i>	80
Figure 26 :	<i>Pilote testé au CIRAD</i>	81
Figure 27 :	<i>Schéma sommaire de l'installation de traitement des bouillies fongicides par photocatalyse solaire</i>	84
Figure 28 :	<i>Profils obtenus par PCR-DGGE sur quatre échantillons d'eau provenant de 2 stations de conditionnement des bananes au Cameroun</i>	87

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 :	<i>Vue arrière de la station de pompage</i>	13
Photo 2 :	<i>Aperçu du dispositif de pompage de l'eau</i>	13
Photo 3 :	<i>Dispositif de filtration à l'entrée de la station (CDC)</i>	13
Photo 4 :	<i>« sable importé » destiné au remplissage des cuves de filtration</i>	13
Photo 5 :	<i>Dispositif de désinfection de l'eau en station d'emballage</i>	13
Photo 6 :	<i>Différents types de séparateurs existant dans les stations d'emballage des bananes dessert au Cameroun</i>	15
Photo 7 :	<i>Présence sur une main de banane d'un insecte récalcitrant (araignée) ayant échappé au lavage du fruit</i>	16
Photo 8 :	<i>Travaux de control de la présence de parasites</i>	16
Photo 9 :	<i>Quelques parasites éliminés des bouquets</i>	16
Photo 10 :	<i>Boîtier du kit de contrôle de la qualité de l'eau</i>	17
Photo 11 :	<i>Composant du kit de contrôle</i>	17
Photo 12 :	<i>Cellules de contrôle de la qualité de l'eau à la fin du processus</i>	17
Photo 13 :	<i>Une vue générale des canalisations d'approvisionnement de l'eau en station de conditionnement des bananes dessert d'exportation</i>	20
Photo 14 :	<i>Dispositif de filtration de l'eau dans les stations en eau recyclée tous les jours : SPM</i>	21
Photo 15 :	<i>Bac de recyclage à 1 seul compartiment (Ndoh)</i>	23
Photo 16 :	<i>Bac de recyclage à 2 compartiments (Mideviv)</i>	23
Photo 17 :	<i>Bac de recyclage à 3 compartiments (Douane)</i>	23
Photo 18 :	<i>Vue générale du dispositif d'approvisionnement en eau à l'entrée des stations d'emballage de la PHP</i>	25
Photo 19 :	<i>bac de recyclage de Njombé palmeraie)</i>	27
Photo 20 :	<i>bac de recyclage en « L » de Djoungo</i>	27
Photo 21 :	<i>Bac de recyclage en « L » (PHP bas)</i>	30
Photo 22 :	<i>Bac de recyclage à 14 compartiments (Mpoula 1)</i>	30
Photo 23 :	<i>Phase 1 du traitement (trempage de la couronne dans une solution fongicide)</i>	37
Photo 24 :	<i>Phase 2 de traitement (exemple de la pulvérisation de la bouillie fongicide)</i>	37
Photo 25 :	<i>Collecte des résidus de la bouillie fongicide après les 2 phases du traitement</i>	37
Photo 26 :	<i>Echantillons destinés aux analyses physicochimiques et bactériologiques</i>	43
Photo 27 :	<i>Les bouillies pulvérisées ruissellent et repartent dans le circuit de collecte d'eau</i>	59
Photo 28 :	<i>Cuvette de trempage : les bouillies sont déversées dans le collecteur</i>	59
Photo 29 :	<i>Les bouillies débordent les collecteurs et les récipients de collecte</i>	59
Photo 30 :	<i>Les bouillies finissent par rejoindre le collecteur d'eau pour le recyclage</i>	59
Photo 31 :	<i>Eau du circuit de la BHS au bout de 2 journées de travail : elle est très sale</i>	60
Photo 32 :	<i>Les collecteurs sont fortement exposés à toute contamination extérieure. Dans cet exemple, la route passe au dessus du collecteur sans protection</i>	61
Photo 33 :	<i>Toutes sortes de contaminants peuvent se retrouver dans les collecteurs comme ces feuilles</i>	61
Photo 34 & 35 :	<i>Les canalisations et les bacs de décantation sont en ciment qu'il est difficile de nettoyer comme en témoignent les algues et les mousses présentes sur les parois</i>	61
Photo 36 :	<i>Niveau de chlore élevé en entrée</i>	65
Photo 37 :	<i>il n'y a plus de chlore en sortie des bacs</i>	65
Photo 38 :	<i>la reprise dans le bac de décantation (tuyau) se fait dans le même compartiment où les eaux de la station arrivent</i>	66
Photo 39 :	<i>Les déchets sont déversés tout près de la station et constituent une source de contamination</i>	67
Photo 40 :	<i>Système de dégrillage (PHP-bas)</i>	73
Photos 41 & 42 :	<i>Mauvaise récupération des bouillies fongicides dans les stations d'emballage</i>	82

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 :	<i>Quelques données sur les autres stations de la PHP qui ont été caractérisées</i>	88
Annexe 2 :	<i>Les étapes du conditionnement des bananes dessert</i>	89
Annexe 3 :	<i>Critères bactériologiques des eaux prélevées sur les stations d’emballage en eau perdue</i>	91
Annexe 4 :	<i>Critères bactériologiques des eaux de lavage prélevées sur les stations recyclées dont la fréquence de vidange des bacs de reprise est hebdomadaire</i>	92
Annexe 5 :	<i>Critères bactériologiques des eaux de lavage prélevées sur les stations recyclées dont la fréquence de vidange des bacs de reprise est bihebdomadaire</i>	93
Annexe 6 :	<i>Critères bactériologiques des eaux de lavage prélevées sur les stations recyclées dont la fréquence de vidange des bacs de reprise est journalière</i>	94
Annexe 7 :	<i>Seuils limites de quelques paramètres analytiques des eaux de process ou des eaux à la sortie des unités agro-alimentaires</i>	95
Annexe 8 :	<i>Caractérisation physicochimique des eaux de lavage provenant des stations d’emballage en eau perdue</i>	96
Annexe 9 :	<i>Caractérisation physicochimique des eaux de lavage provenant des stations d’emballage en eau recyclée et dont la fréquence de vidange du bac de reprise est journalière</i>	97
Annexe 10 :	<i>Caractérisation physicochimique des eaux de lavage provenant des stations d’emballage en eau recyclée et dont la fréquence de vidange du bac de reprise est bihebdomadaire</i>	98
Annexe 11 :	<i>Caractérisation physicochimique des eaux de lavage provenant des stations d’emballage en eau recyclée et dont la fréquence de vidange du bac de reprise est hebdomadaire</i>	99
Annexe 12 :	<i>Programme de déroulement de la mission d’expertise au Cameroun</i>	100
Annexe 13 :	<i>Liste des participants aux réunions tenues au cours de la semaine de mission d’expertise au Cameroun</i>	103
Annexe 14 :	<i>Avis positif de l’AFSSA (agence française de sécurité sanitaire des aliments) relatif à l’emploi d’un système lactoperoxydase comme auxiliaire technologique pour le traitement des salades</i>	104

1. Description

1.1. Nom du bénéficiaire du contrat de subvention:

Centre Africain de Recherches sur Bananiers et Plantains (CARBAP)

1.2. Nom et fonction de la personne de contact :

Jean Daniel Ngou Ngoupayou, Directeur p.i. du centre

1.3. Nom des partenaires de l'Action :

CIRAD (Centre International de Recherches Agronomiques pour le Développement)
Université Montpellier 1
Université de Metz

1.4. Intitulé de l'Action :

Etude de faisabilité sur l'adaptation de procédés innovants permettant de contrôler la qualité bactérienne et fongique des eaux de lavage et de maîtriser les effluents des stations de lavage au Cameroun

1.5. Numéro du contrat :

N° 002/09 ATF 2002

1.6. Date de début et date de fin de la période de reporting:

1^{er} juillet 2009 au 15 avril 2010

1.7. Pays ou région(s) cible(s):

Cameroun

1.8. Bénéficiaires finaux et/ou groupes cibles¹ (si différents) (y inclus le nombre de femmes et d'hommes):

Plantations agro industrielles de bananes dessert destinées à l'export

1.9. Pays dans lequel/lesquels les activités sont réalisées (si différent du point 1.7):

2. Evaluation de la mise en œuvre des activités de l'Action

2.1. Rappel du contexte de l'étude

La banane produite pour l'exportation constitue un des éléments les plus importants de l'économie camerounaise ; c'est en effet, après le bois et le pétrole, le troisième produit d'exportation du pays en volume et le quatrième en valeur. Elle utilise une main-d'œuvre importante, contribuant ainsi à la croissance économique et à la lutte contre le chômage et la pauvreté. Le Cameroun est un producteur traditionnel de bananes. La culture de ce produit a commencé vers les années 1904. Depuis 1988, la filière bananière du Cameroun a fait l'objet d'investissements importants qui lui ont permis, dès 1993 d'atteindre des niveaux de rendement de 44 tonnes/ha et de production de 113 000 tonnes nettes. Les tonnages exportés en 2009 s'élèvent à 255 500 tonnes. Les surfaces cultivées sont de 6900 ha en 2009. Par ailleurs, la filière banane au Cameroun représente environ 12 000 emplois directs et 50 000 emplois indirects, ce qui en fait le second pourvoyeur d'emploi du pays après l'état. La banane camerounaise occupe le 4^{ème} rang du marché européen de la banane. Trois groupes de producteurs principaux, SPM (*Société des plantations de Mbang*), PHP (*Plantations du Haut Penja*), et CDC-DEL MONTE (*Cameroon Development Corporation en partenariat avec Del Monte Fresh Products*) se partagent la culture de la banane camerounaise.

La filière bananière utilise un volume important d'eau pour le lavage des fruits en stations de conditionnement. En effet, ce lavage est particulièrement important pour éliminer le latex qui s'écoule des bouquets fraîchement découpés, et il contribue également à l'amélioration de la présentation des fruits en éliminant la poussière, et les débris présents à la surface des fruits. Pour limiter les rejets d'effluents dans l'environnement, une grande partie des eaux des stations de conditionnement est recyclée en continu. L'utilisation de ces eaux de lavage pose deux problèmes fondamentaux à la profession qui sont amplifiés par leur recyclage :

- la qualité bactériologique et le risque sanitaire,
- le développement d'une flore fongique à l'origine des maladies de conservation et notamment les pourritures de couronnes.

Par ailleurs, la filière utilise un volume important de bouillies fongicides pour le traitement post-récolte des bananes et la maîtrise des maladies de conservation (pourritures de couronnes). Ces bouillies sont en général récupérées et déversées dans des parcelles de production ou des jachères et contribuent néanmoins à la pollution de l'environnement. L'amélioration de la compétitivité de la filière bananière passe également par l'amélioration des conditions environnementales de la production qui conditionnent désormais son accès au marché (respect de cahiers des charges dans le cadre de normes établies par des organismes certificateurs). L'amélioration de la qualité des eaux en stations de conditionnement (maîtrise du risque sanitaire) répond à une demande très forte des producteurs et des organismes certificateurs.

C'est ainsi que dans le cadre des actions extérieures de la communauté européenne financées par le budget général de la Commission Européenne, l'Association Bananière du Cameroun (ASSOBACAM) et le Centre Africain de Recherches sur Bananiers et Plantains (CARBAP) sont convenus d'étudier la qualité des eaux en station de conditionnement sous les termes du *Contrat de Services n° : 002/09 ATF 2002/Appui ASSOBACAM*.

2.2. Rappel des objectifs de l'étude et de la méthodologie

2.2.1. Objectifs

L'objectif général de l'étude est l'amélioration durable de la compétitivité de la filière bananière camerounaise dans le cadre de la stratégie nationale de développement de la filière, et des objectifs de soutien au secteur de la banane camerounaise. L'amélioration de la compétitivité de la filière bananière passe également par l'amélioration des conditions environnementales de la production qui conditionnent désormais son accès au marché (respect de cahiers des charges dans le cadre de normes établies par des organismes certificateurs). L'amélioration de la qualité des eaux en stations de conditionnement (maîtrise du risque sanitaire) répond à une demande très forte des organismes certificateurs. Par ailleurs, le recyclage des bouillies fongicides permettrait de réduire les impacts environnementaux de la culture bananière. Indirectement, la compétitivité de la filière bananière servira les objectifs de lutte contre la pauvreté et la stabilité sociale et politique par sa contribution significative au développement économique et à l'emploi au Cameroun.

Enfin, l'objectif spécifique à atteindre par le prestataire est de proposer des solutions économiques et écologiques pour améliorer la qualité des eaux des stations de conditionnement (maîtrise des risques sanitaires et phytosanitaires) et pour recycler les bouillies fongicides utilisées dans les stations de conditionnement.

2.2.2. Méthodologie

Pour atteindre l'objectif général du présent contrat, plusieurs activités spécifiques ont été définies. Il s'agit de :

1. Faire un état des lieux : diagnostic des pratiques actuelles et de la qualité de l'eau dans tout le circuit, de l'approvisionnement au rejet des effluents ;
2. Procéder à des analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau des différentes stations de conditionnement ;
3. Quantifier les effluents des différentes stations de conditionnement : eaux de lavage et bouillies fongicides ;
4. Proposer des méthodologies simples et innovantes pour établir un diagnostic continu de la qualité des eaux des stations de conditionnement du Cameroun ;
5. Proposer des procédés économiques et écologiques pouvant être utilisés à l'échelle de stations de conditionnement pilotes pour la maîtrise de la qualité microbiologique des eaux des stations de conditionnement ;
6. Proposer des procédés économiques et écologiques pouvant être utilisés à l'échelle de stations de conditionnement pilotes pour le recyclage des bouillies fongicides récupérées dans les stations de conditionnement.

2.3. Résumé de l'Action

(i) Prise de contact et reconnaissance des stations de conditionnement : cette étape avait pour but de présenter les objectifs et les activités de l'étude. Il était également question de préciser les attentes du CARBAP et de définir le rôle de chaque partenaire dans l'exécution du projet. Trois plantations agro-industrielles de bananes dessert d'exportation au Cameroun ont été impliquées. Il s'agit de : CDC, PHP et SPM.

(ii) Caractérisation des stations et quantification des effluents utilisés : une enquête participative a permis de décrire 27 stations d'emballage des plantations suivantes : PHP (11), SPM (7) et CDC (9). Il s'agissait concrètement de faire un diagnostic des pratiques actuelles, de décrire le circuit d'approvisionnement et de rejet de l'eau utilisée en station, et d'estimer entre autres les volumes d'effluents utilisés par jour dans les stations de conditionnement.

(iii) Collecte et analyse des eaux de lavage : une campagne d'échantillonnage a permis de collecter une quarantaine d'échantillons d'eau à différents points du circuit de l'eau en station d'emballage et à des périodes précises de la journée ou de la semaine. Ces échantillons d'eau ont été transportés au laboratoire HYDRAC à Douala au Cameroun, et analysés pour quelques critères physicochimiques et microbiologiques d'intérêt.

(iv) Réalisation d'une mission d'expertise et réunion de restitution : pendant une semaine, les experts ont interagi au cours des réunions et/ou des visites de terrain avec les responsables '*qualité*' et/ou '*environnement*' ainsi que des chefs de station d'emballage des 3 plantations agro-industrielles impliquées. Une réunion de restitution regroupant tous les partenaires de l'étude a permis de présenter l'essentiel des résultats obtenus et l'ébauche des propositions des solutions pouvant contribuer à l'amélioration ou la maîtrise de la qualité des eaux de lavage ainsi que le recyclage des bouillies fongicides.

2.4. Activités et résultats

2.4.1. Etat des lieux et diagnostic des stations

A. Activités spécifiques 1 & 3 : Typologie des stations de conditionnement en fonction du mode d'utilisation de l'eau

Cette phase de l'étude s'est effectuée à travers 2 activités :

- (i) faire un état des lieux : diagnostic des pratiques actuelles et de la qualité de l'eau dans tout le circuit, de l'approvisionnement au rejet des effluents,
- (ii) quantifier les effluents des différentes stations de conditionnement : eaux de lavage et bouillies fongicides : estimation des volumes utilisés par journée de conditionnement.

En effet, à la suite des visites en vue de présenter les objectifs et les activités de l'étude ainsi que de reconnaître les stations, un questionnaire a été préparé et testé dans 2 stations de conditionnement de la PHP (plantation plus proche du CARBAP). Des amendements y ont été apportés avant le début des enquêtes proprement dites qui se sont déroulées de manière participative avec les chefs de stations de conditionnement des 3 plantations dont SPM, PHP et CDC. Chaque chef de station était assisté de son mécanicien responsable de l'approvisionnement de l'eau en station. Le tableau 1 récapitule les stations ayant fait l'objet de cette enquête diagnostic sur les pratiques actuelles et la quantification des effluents en station de conditionnement au Cameroun. Après cette caractérisation, toutes les données collectées ont permis d'établir une typologie des stations d'emballage des bananes dessert destinées à l'exportation en fonction du mode d'utilisation de l'eau.

Tableau 1 : Stations de conditionnement des bananes dessert caractérisées

Plantations du Haut Penja (PHP)		Société des Plantations de Mbanga (SPM)		Cameroon Development Corporation (CDC)	
Mantem 2*	Djougo	Mideviv	Siège	Essoassoa*	Mondoni two*
Loum 1	Penja Ouest	Ndoh	Tehoum	Pungo*	Moquo*
PHP Bas	Njombé Palmeraie	Singa	Manengoteng	Mafanja one*	Esuke*
Kumbé	Diadia	Douane		Mafanja two*	Mussaka*
Mpoula 1	PHP Haut				Ekona*
Nassif Bas					

* station en eau continue ou perdue

1. Stations en eau perdue

Au cours de l'enquête diagnostic, une (01) et neuf (09) stations en eau perdue ont respectivement été caractérisées à la PHP et à la CDC. Dans cette dernière plantation, toutes les stations de conditionnement sont en eau continue et fonctionnent pratiquement de la même manière.

1.a. Les stations de la CDC : le cas de Mafanja 2

Approvisionnement en eau

Les stations de conditionnement de la CDC - DMC sont approvisionnées par 3 principales rivières (Tableau 2). L'eau captée en surface passe d'abord par une station de pompage (photos 1 & 2), puis est conduite en station par un système constitué d'une motopompe ou d'une électropompe aspirante munie d'un filtre et d'une tuyauterie en acier ou en plastique jusqu'à l'entrée de la station où il existe toujours une vanne d'ouverture et de fermeture. A partir de cet endroit l'eau poursuit son chemin dans des tuyaux en acier galvanisé.



Photo 1 : Vue arrière de la station de pompage



Photo 2 : Aperçu du dispositif de pompage de l'eau

Il n'existe aucun compteur permettant aux responsables des stations de la CDC d'évaluer la quantité (journalière, hebdomadaire ou mensuelle) d'eau utilisée dans l'unité d'emballage. Toutefois, l'eau qui entre dans toutes les stations passe par un système de filtration fonctionnant selon le principe de vase communicant. Le dispositif est identique dans toutes les unités et est constitué de 2 cuves munies chacune d'un système intégré de filtration fait essentiellement de « *sable importé* » venant d'Israël (Photos 3 & 4). En effet, l'eau qui entre en station est débarrassée de toutes les saletés dans les 2 cuves. L'eau sale est évacuée par une sortie appropriée alors que celle dite « *potable* » est transférée avec des doses précises de 4l/h d'hypochlorite de calcium (Photo 5) dans un bac tampon encore appelé '*potable water tank*' d'où elle partira pour alimenter les différentes unités opérationnelles de la station à un débit de 32m³/h. Il est à noter qu'une pression d'eau faible (< 1 bar) ou élevée (> 4 bars) dans les cuves de filtration définit la fréquence d'évacuation des eaux sales, de nettoyage des filtres ou encore du remplacement du « *sable importé* ».

Tableau 2 : Source d'approvisionnement en eau de lavage utilisée dans les stations de la CDC

Dénomination de la station	Source de l'eau utilisée
Ekona	<i>Koke river</i>
Essoassoa	<i>Koke & Essoassoa rivers</i>
Esuke	<i>Benoe river</i>
Mafanja one	<i>Koke river</i>
Mafanja two	<i>Koke river</i>
Mondoni two	<i>Koke river</i>
Moquo	<i>Koke river</i>
Mussaka	<i>Mamou stream</i>
Pungo	<i>Essoassoa river</i>



Photo 3 : Dispositif de filtration à l'entrée de la station (CDC)



Photo 4 : « *sable importé* » destiné au remplissage des cuves de filtration



Photo 5 : Dispositif de désinfection de l'eau en station d'emballage

Les bacs de soins aux fruits

Le nombre de bacs destinés aux soins administrés aux fruits varie d'une station de conditionnement à l'autre. Il s'agit des bacs de dépaillage et de trempage dont le nombre total en station est généralement compris entre 4 et 7. Ce nombre varie en fonction du volume du bac. Dans le cadre de cette étude le volume des bacs exprimé en m³ a été calculé selon la formule : $V (m^3) = L \times l \times H$; où L, l et H représentent respectivement la longueur du bac, sa largeur et sa hauteur. Toutes les dimensions ont été mesurées à l'aide d'un décimètre. Les valeurs relatives aux volumes des bacs présentées dans cette étude sont approximatives.

Le tableau 3 présente quelques caractéristiques des bacs disponibles et fonctionnels à la CDC. Le nombre de bac de dépaillage/réception est toujours inférieur à celui de trempage. Par contre, il n'existe pas de bac de réception des bananes hors standard (BHS). Celles-ci sont entraînées par un convoyeur (dispositif muni d'un tapis roulant) et déversées au sol ou transférées directement dans le véhicule destiné au transport vers les marchés urbains.

Tableau 3 : Quelques caractéristiques des bacs de soins aux fruits à la CDC

Nom de la station	Bac de dépaillage			Bac de trempage		
	Nombre	Volume*	NTAE**	nombre	Volume	NTAE**
Ekona	1	13,8 m ³	13	3	38,2 m ³	13
Essoassoa	1	9,4 m ³	6	3	17,0 m ³	7
Esuke	1	21,1 m ³	7	4	42,6 m ³	7
Mafanja one	1	23,2 m ³	6	6	70,7 m ³	7
Mafanja two	1	28,3 m ³	6	6	72,9 m ³	6
Mondoni two	2	19,4 m ³	6	5	41,9 m ³	9
Moquo	1	17,7 m ³	6	4	37,1 m ³	10
Mussaka	1	17,2 m ³	7	4	42,0 m ³	6
Pungo	1	21,0 m ³	7	4	45,0 m ³	6

* volume de tous les bacs fonctionnels (somme des volumes des bacs individuels)

NTAE : nombre de trous par mètre de tuyau d'approvisionnement d'eau dans le bac

Le bac de dépaillage/réception

Tous les bacs de dépaillage des stations de conditionnement de la CDC sont construits en béton. Habituellement, l'intérieur du bac est recouvert des carreaux de couleur blanche. L'eau arrive dans ces bacs par des tuyaux en acier galvanisé perforés. Le nombre de trous d'approvisionnement en eau varie également en fonction de l'emplacement du tuyau d'approvisionnement d'eau sur le bac et surtout de sa taille. Il est compris entre 6 et 13 par mètre de tuyau (Tableau 3).

En effet, ce tuyau est disposé dans le sens de la longueur du bac de réception dans la plupart des stations de conditionnement sauf à *Mondoni two* où ils sont placés dans le sens de la largeur des 2 bacs disponibles. Chaque bac possède au moins 2 points d'évacuation de l'excédant d'eau qui coule en continu et au moins une vanne pour la vidange qui s'effectue dans chaque station en fin de journée. Au dessus de chaque bac de dépaillage, on retrouve entre 1 et 3 séparateurs fabriqués à partir d'un bambou de chine, d'un tuyau en plastique ou d'une barre de fer auquel est suspendu une bâche ou une feuille de polyéthylène (Photo 6).

Ces séparateurs permettent de distinguer les différentes catégories de bananes lors du dépaillage, de réguler les quantités de fruits dans le bac et surtout d'orienter leur parcours jusqu'au niveau des personnes chargées de sélection (lavage, triage et formation des bouquets). Par ailleurs, il existe un fil de délimitation de dépaillage au dessus de chaque bac qui permet :

- a. d'éviter le remplissage abusif du bac ;
- b. d'éviter les chocs entre les fruits ;
- c. de respecter le temps de trempage des fruits.



Photo 6 : Différents types de séparateurs existant dans les stations d'emballage des bananes dessert au Cameroun

Le bac de trempage/sélection/triage

En général, tous les bacs de sélection sont construits en béton et recouverts de carreaux de couleur blanche à l'intérieur. Ils sont encore appelés bac de sélection, de triage et/ou de 'flottaison'. Le nombre de bacs de triage et leur taille sont très souvent fonction de la station d'emballage. Puisque dans la plupart des cas il existe un seul bac de dépaquetage, chaque station d'emballage de la CDC possède entre 3 et 6 bacs de trempage destinés chacun à une catégorie de fruits. Leurs volumes approximatifs sont compris entre 17 et 73 m³ (Tableau 3).

Après le lavage de la main de banane, l'on procède à la formation des différents bouquets en fonction des catégories de banane. Ces bouquets sont jetés dans le bac de flottaison où ils sont censés rester pendant une période bien définie (15 à 35 min) en fonction de la longueur du bac pour permettre l'écoulement de la sève provoqué par les blessures survenues au cours de la formation des bouquets. Par ailleurs, ce temps de trempage relativement plus long comparé à la SPM et PHP s'explique par la durée accordée à la recherche des insectes dissimulés au niveau du coussinet qui est un défaut très grave pour le marché européen où la CDC livre ses produits.

Cette recherche de parasites a provoqué l'utilisation des séparateurs spéciaux faits de tuyau en plastique rarement recouvert de feuille de polyéthylène. Cette barrière constitue le point de contrôle et d'élimination des parasites 'récalcitrants' qui n'ont pas été éliminés lors du lavage du régime (Photos 7, 8 & 9). Un nouveau poste de travail au cours du trempage des bouquets a donc été créé et est effectivement fonctionnel.



Photo 7 : Présence sur une main de banane d'un insecte récalcitrant (araignée) ayant échappé au lavage du régime



Photo 8 : Travaux de contrôle de la présence de parasite



Photo 9 : Quelques parasites éliminés des bouquets

Dans la plupart des cas, l'eau chlorée est apportée dans chaque bac de triage de la station de la station par au moins 3 tuyaux perforés habituellement en acier galvanisé et qui sont toujours positionnés dans le sens de la largeur. Le premier est très souvent incorporé en bout du bac et les 2 autres placés au-dessus du bac à des distances bien définies. Ces derniers ont pour rôle d'augmenter la pression d'eau qui favorise ou accélère la vitesse de déplacement des bouquets de bananes. Le surplus d'eau et les autres débris (pistils, morceaux ou bouts de coussinets, etc.) qui se retrouvent dans le bac de sélection sont évacués à travers 1 ou 2 canaux situés à l'autre bout du bac où sont positionnés les classificateurs. Ces déchets sont habituellement captés à un seul endroit dans chaque station à l'aide d'un grillage en acier ; et l'eau poursuit son chemin dans un drain d'évacuation pour se jeter plus loin dans un cours d'eau (source, rivière, ...). Comme le bac de dépattage, tous les bacs de trempage sont vidangés de leur contenu en fin de journée et bien nettoyés à l'aide d'une brosse et/ou d'un balai. Toutes les stations de conditionnement de la CDC ont pratiquement la même configuration (Figure 1).

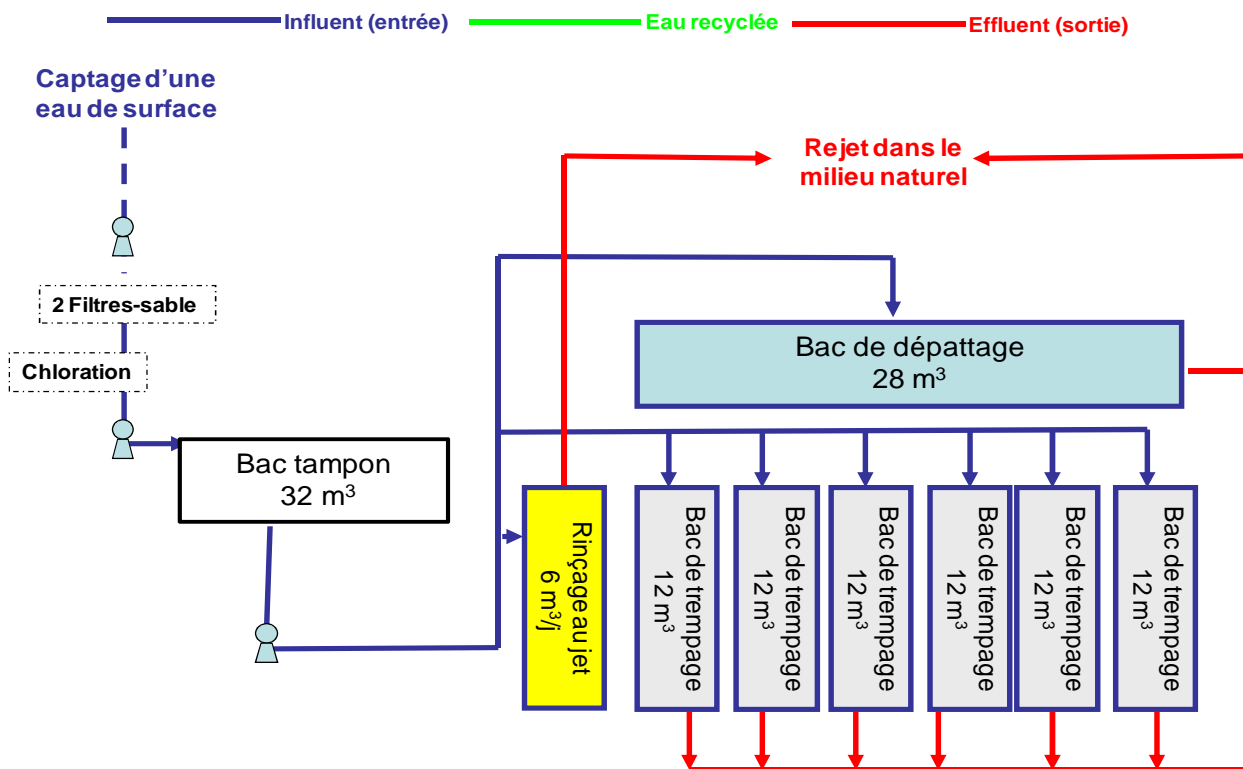


Figure 1 : Vue synoptique d'une station en eau perdue de CDC : le cas de Mafanja 2

Le contrôle de la qualité de l'eau à la CDC

Le contrôle de la qualité de l'eau utilisée dans les stations d'emballage de la CDC est effectué trois fois par jour à l'aide d'un kit (*Marina, Trousse d'analyse chlore/pH liquide*). Toutes les données journalières sont consignées dans un registre. Cette opération suit 4 étapes principales que sont :

1. une quantité d'eau est collectée et mise dans les 2 compartiments de la cellule en plastique du kit ;
2. on ajoute 4 gouttes de 'réactif pH' dans le compartiment rouge de la cellule indiquant le pH de l'eau ;
3. on ajoute 4 gouttes de 'réactif chlore' dans le compartiment jaune de la cellule indiquant la teneur en chlore de l'eau ;
4. on bouche les 2 compartiments et agite énergiquement pour homogénéiser les colorations.

Après avoir effectué ces quatre opérations, l'eau prend une coloration en fonction de son pH et du taux de chlore. Pour déterminer le pH et la teneur en chlore, il suffit juste de comparer aux échelles colorimétriques correspondantes, la couleur obtenue dans chacun des 2 compartiments. Selon ce kit, il est recommandé que le pH de l'eau soit toujours compris entre 7,2 et 7,6 et que la teneur idéale de l'eau en chlore soit de 2mg/l.



Photo 10 : Boîtier du kit de contrôle de la qualité de l'eau



Photo 11 : Composant du kit de contrôle



Photo 12 : Cellules de contrôle de la qualité de l'eau à la fin du processus

1.b. La station Mantem 2 de la PHP

Approvisionnement en eau

L'eau de surface est captée d'une rivière appelée *Ekouk*. Elle est conduite en station par un système d'écoulement gravitaire sur environ 2km. Elle passe par des filtres grossiers puis des filtres tamis et circule dans une tuyauterie en acier jusqu'à l'entrée de la station où il existe une électrovanne, une crépine et un compteur (Figure 2). A partir de cet endroit l'eau poursuit son chemin dans des tuyaux en aluminium ou en acier galvanisé. Le *galvar* utilisé pour l'enrobage de l'acier est une substance permettant d'éviter son oxydation qui se traduit très souvent par l'apparition de la rouille.

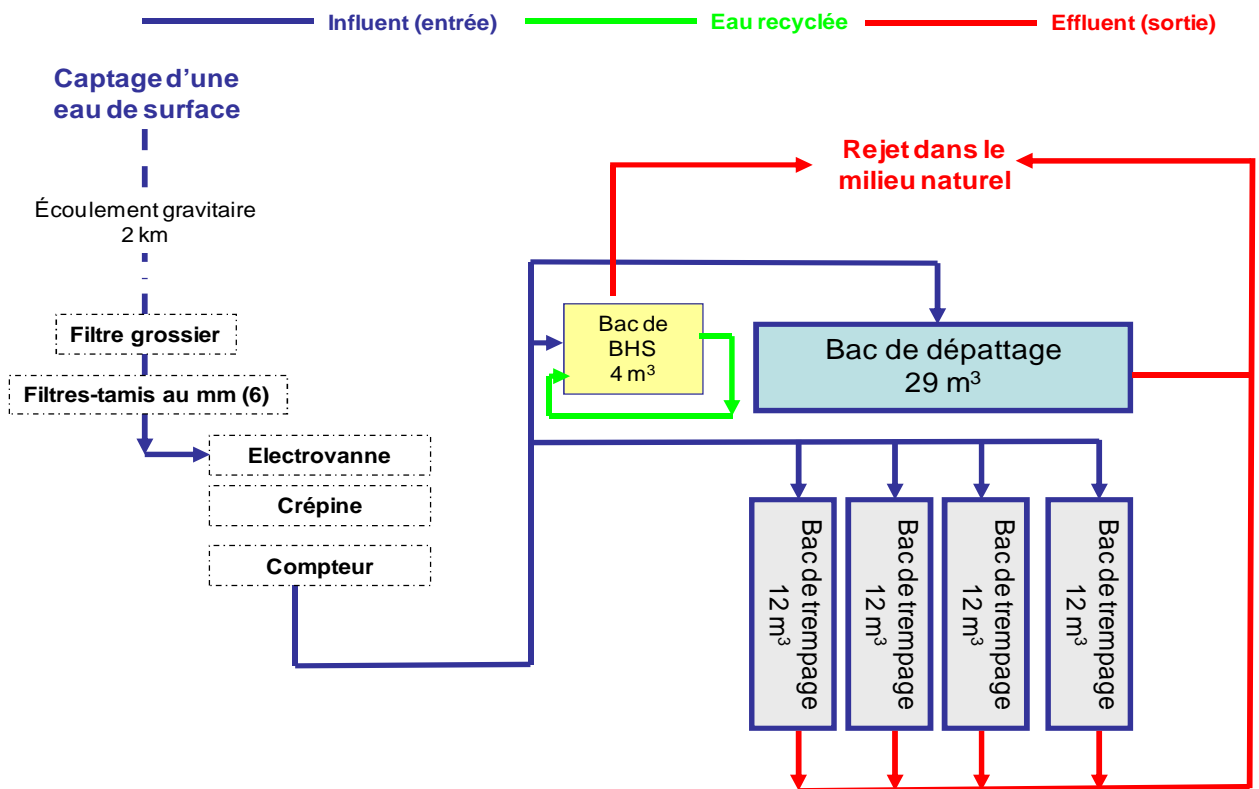


Figure 2 : vue synoptique de la station en eau perdue de la PHP : Mantem 2

Les bacs de soins aux fruits

A Mantem 2, il existe 3 types de bac : le bac de dépattage, les bacs de trempage et le bac de bananes hors standard (BHS). Dans le cadre de cette étude l'estimation du volume de ces bacs a été faite selon la formule : $V (m^3) = L \times l \times H$ où L, l et H représentent respectivement la longueur du bac, sa largeur et sa hauteur mesurées à l'aide d'un décimètre.

Bac de BHS

C'est l'unité de réception des bananes hors standard (BHS) qui sont entraînées dans une goulotte d'évacuation sous la pression de l'eau. Sa capacité est relativement plus petite que celle des autres bacs (réception & trempage) en station ; elle est d'environ $4m^3$. Il est quelquefois composé de 2 compartiments, l'un pour la réception des fruits et l'autre destiné au stockage de l'eau. Cette eau recyclée en continu dans un circuit indépendant durant toute la semaine est renvoyée dans le circuit de la goulotte à l'aide d'une électropompe.

Le bac de dépattage/réception

Il est construit en béton et recouvert de carreaux de coloration blanche. Il a une capacité de $29m^3$. L'eau provenant directement de la source arrive dans ce bac par des tuyaux en acier perforés. Le nombre de trous d'approvisionnement en eau est de 8 par mètre et le tuyau d'alimentation est placé dans le sens de la longueur du bac. Ce dernier possède plusieurs points d'évacuation de l'excédent d'eau. Au niveau de sa base inférieure, il existe huit vannes de vidange qui permettent de le vider de son contenu en fin de journée. Les effluents sont déversés directement dans la rivière voisine. Il existe au-dessus du bac de dépattage deux séparateurs fabriqués à partir d'un tuyau en plastique sur lequel est déposée une bâche ou une feuille de polyéthylène (Photo 6).

Ces séparateurs ont pour rôle principal de distinguer les différentes catégories de bananes et de réguler les quantités de fruits dans le bac de dépattage. Par ailleurs, il existe toujours un fil de délimitation des $\frac{3}{4}$ au dessus de chaque bac de dépattage qui permet d'éviter le remplissage abusif du bac et les chocs entre les fruits, et de respecter le temps de trempage des fruits.

Le bac de trempage/sélection/triage

Après le lavage de la main de banane, le triage et la formation des différents bouquets en fonction des catégories de banane ; ces bouquets sont jetés dans le bac de sélection où ils flottent pendant une durée bien définie (15 à 45 min) en fonction de la longueur du bac pour permettre l'écoulement de la sève provoqué par les blessures survenues au cours de la formation des bouquets. Tous les bacs de sélection sont également construits en béton et recouverts de carreaux de couleur blanche.

Les 4 bacs de cette station en eau continue dont la capacité est de 12 m³ chacun, sont remplis par l'eau provenant directement de la source d'approvisionnement à travers 2 tuyaux perforés en acier galvanisé qui sont plutôt positionnés dans le sens de la largeur de la construction. Le premier est placé au bout du bac et le second au milieu et au dessus du bac pour augmenter la pression d'eau qui favorise ou accélère la vitesse de déplacement des bouquets de bananes. Le surplus d'eau et les autres débris (pistils, morceaux ou bouts de coussinets, etc.) qui se retrouvent dans le bac de sélection sont évacués à travers les canaux situés à l'autre bout du bac où sont positionnés les classificateurs. Ces déchets sont habituellement captés à un point de rétention à l'aide d'un grillage en acier ; et les eaux utilisées sont déversées dans la rivière voisine.

Les 2 stations en eau non recyclée décrites dans le cadre de cette étude sont très contrastées. En effet, le volume d'eau utilisée par jour à Mafanja 2 représente moins de la moitié de la consommation journalière de Mantem 2 où par contre la demande en eau pour la production d'une palette est trois fois supérieure à celle de Mafanja 2 même si son volume total des bacs est largement supérieur (Tableau 4).

Tableau 4 : Comparaison des volumes d'eau utilisée dans 2 stations en eau perdue des plantations CDC et PHP

Station	Volume d'eau par jour (m³/j)	Volume d'eau/j/palette (m³/j/palette)	Volume total des bacs en station (m³)
Mantem 2 (PHP)	720	24	77
Mafanja 2 (CDC)	320	8	100

2. Station en eau recyclée tous les jours : le cas des stations de la SPM

Approvisionnement en eau

En général, l'eau utilisée dans les stations de conditionnement de la SPM provient des cours d'eau (fleuve, rivière, etc.) ou des lacs environnant. Le tableau 5 présente les sources d'eau de lavage utilisée dans les 7 stations d'emballage en eau recyclée ayant fait l'objet de cette enquête. Elle est habituellement conduite en station par un système constitué d'une motopompe ou d'une électropompe aspirante munie d'un filtre et d'une tuyauterie en acier ou en aluminium jusqu'à l'entrée de la station où il existe toujours une vanne d'ouverture et de fermeture. A partir de cet endroit l'eau poursuit son chemin dans des tuyaux en plastique (PE) et très rarement dans des tuyaux faits en aluminium ou en acier (Photo 13).

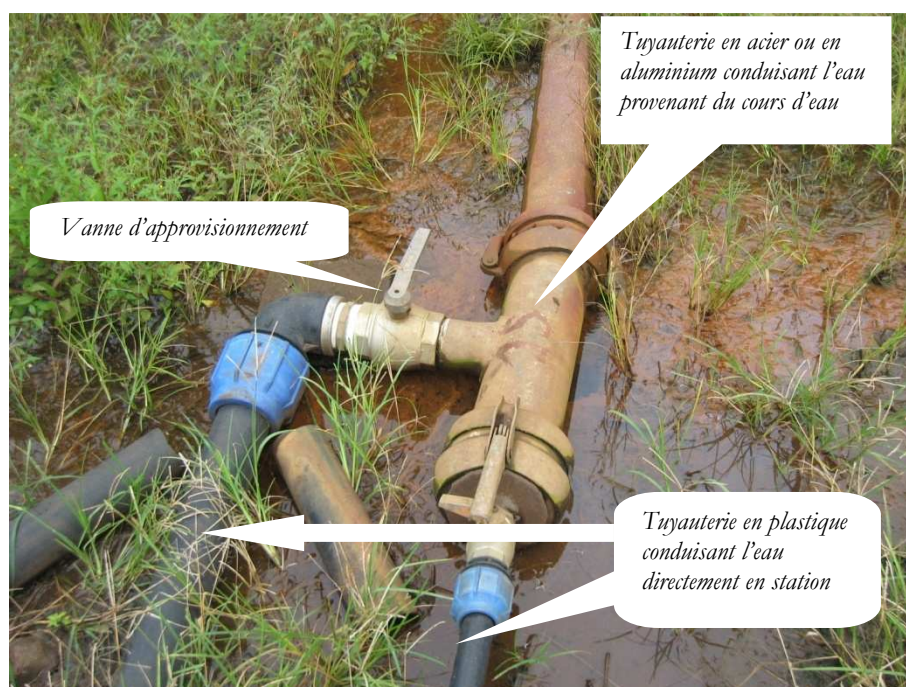


Photo 13 : Une vue générale des canalisations d'approvisionnement de l'eau en station de conditionnement des bananes dessert d'exportation

Il n'existe aucun compteur permettant aux responsables des stations d'évaluer la quantité (journalière, hebdomadaire ou mensuelle) d'eau utilisée dans l'unité d'emballage. Par contre, l'eau qui entre dans toutes les stations de la SPM passe par un impressionnant système de filtration (filtre à sable) fonctionnant selon le principe des vases communicants avec une canalisation d'élimination des eaux sales et autres déchets. Le dispositif, presque identique dans toutes les unités est très souvent constitué de 2 à 3 composantes munies chacune d'un système intégré de filtration (Photo 14). En effet, l'eau qui entre en station est débarrassée de toutes les saletés entre le 1^{er} et le dernier vase d'où part l'eau qui est utilisée pour la douche des régimes et pour les soins aux fruits dans les différents bacs.

Tableau 5 : Source d'approvisionnement en eau de lavage utilisée dans les stations de la SPM

Station	Source d'approvisionnement	
	Cours d'eau	Lac
Douane	---	Edissé
Manengoteng	Fleuve <i>Dibombe</i>	---
Mideviv	Fleuve <i>Moungo</i>	---
Ndoh	Rivière <i>Moulè</i>	---
Siège	---	Mpoula
Singa	Fleuve <i>Moungo</i>	---
Tehoum	---	Mpoula



Photo 14 : Dispositif de filtration de l'eau dans les stations en eau recyclée tous les jours : SPM

Les bacs de soins aux fruits

Le nombre total de bacs destinés aux soins administrés aux fruits varie d'une station d'emballage à l'autre à la SPM, il est compris entre 3 et 6 et est fonction du volume des bacs. En général, le nombre de bacs de réception est toujours inférieur à celui de trempage (Tableau 6). Il n'existe pas de bac de réception des bananes hors standard (BHS). Celles-ci sont traînées dans des bassines ou des caisses en plastique suspendues sur une chaîne et déversées dans une maisonnette construite à cet effet.

Tableau 6 : Quelques caractéristiques des bacs de soins aux fruits à la SPM

Nom de la station	Bac de dépattage			Bac de trempage		
	Nombre	Volume*	NTAE**	nombre	Volume	NTAE**
Douane	1	20,5 m ³	3	2	41,0 m ³	2
Manengoteng	2	16,5 m ³	2	2	36,0 m ³	2
Mideviv	3	9,0 m ³	3	3	18,0 m ³	3
Ndoh	2	18,0 m ³	5	2	38,0 m ³	4
Siège	3	12,0 m ³	4	3	27,0 m ³	4
Singa	2	24,5 m ³	3	2	49,0 m ³	3
Tehoum	1	10,0 m ³	3	2	27,0 m ³	4

NTAE : nombre de trous par mètre de tuyau d'approvisionnement d'eau dans le bac

* volume de tous les bacs fonctionnels

Le bac de dépattage/réception

Il est aussi appelé bac de réception. Dans six des sept stations de conditionnement caractérisées à la SPM, ces bacs sont construits en béton et recouverts de carreaux de couleur blanche. Une seule station (*Mideviv*) dispose de bacs en inox. L'eau filtrée arrive dans ces cuves par des tuyaux en acier perforés. Le nombre de trous varie en fonction de l'emplacement du tuyau d'approvisionnement d'eau sur le bac. Il est compris entre 2 et 5 par mètre de tuyau (Tableau 6).

En effet, ce tuyau est régulièrement placé dans le sens de la largeur du bac et il n'est disposé dans le sens de la longueur du bac que lorsqu'il y a un seul long bac de dépattage. Chaque bac possède au moins 2 points d'évacuation de l'excédent d'eau. Il existe au dessus de chaque bac de dépattage un ou deux séparateurs fabriqués à partir d'un bambou de chine, d'un tuyau en plastique ou d'une barre de acier sur lequel est déposé une bâche ou une feuille de polyéthylène (Photo 6). Ces séparateurs permettent de distinguer les différentes catégories de bananes, de réguler les quantités de fruits dans le bac et surtout d'orienter leur parcours jusqu'au niveau de la classification sur les plateaux. Par ailleurs, il existe toujours un fil de délimitation encore appelé à la SPM « limite de la bande d'Aouzou » au dessus de chaque bac de dépattage qui permet :

- i. d'éviter le remplissage abusif du bac ;
- ii. d'éviter les chocs entre les fruits ;
- iii. de respecter le temps de trempage des fruits.

Le bac de trempage/sélection/triage

Encore appelé bac de sélection ou de triage, il est relativement plus long que le bac de dépaquetage. Après le lavage de la main de banane, l'on procède à la formation des différents bouquets en fonction des catégories de banane. Ces bouquets sont jetés dans le bac de sélection où ils sont censés rester pendant une période bien définie (10 à 20 min) en fonction de la longueur du bac pour permettre l'écoulement de la sève provoqué par les blessures survenues au cours de la formation des bouquets. En général, tous les bacs de sélection sont construits en béton et recouverts de carreaux de couleur blanche sauf à *Mideviv* qui dispose des bacs en inox. Il existe au moins 2 bacs de trempage dans chaque station de conditionnement de la SPM (Tableau 6).

Dans la plupart des cas, l'eau est apportée dans chaque bac par 2 tuyaux perforés habituellement en acier et qui sont toujours positionnés dans le sens de la largeur. Le premier est placé au bout du bac et le second au milieu. Ce dernier a pour rôle d'augmenter la pression d'eau qui favorise ou accélère la vitesse de déplacement des bouquets de bananes. Le surplus d'eau et les autres débris (pistils, morceaux ou bouts de coussinets, etc.) qui se retrouvent dans le bac de sélection sont évacués à travers les canaux situés à l'autre bout du bac où sont positionnés les classificateurs. Ces déchets sont habituellement captés en fonction des stations à 1, 2, 3 ou 4 points de rétention à l'aide d'un panier en plastique, d'une lame en acier perforée, d'un grillage en plastique ou en acier. L'eau est ensuite déversée dans le bac de recyclage.

Système de recyclage et bac de recyclage

Toutes les stations de conditionnement de la SPM caractérisées au cours de cette enquête diagnostic disposaient d'un système de recyclage fonctionnel constitué essentiellement :

- **d'une électropompe** à base de moteur ordinaire muni d'un système aspirant et équipé d'un dispositif de filtration (*crépine*) placé au bout du tuyau qui est plongé dans le bac de recyclage ;
- **des tuyaux de canalisation d'eau** fabriqués en plastique, en acier ou en aluminium selon la station. Ils permettent de renvoyer l'eau dans les différents bacs de dépaquetage et de sélection de la station ;
- **d'un bac de recyclage**, encore appelé « bac de reprise ». Il est généralement construit en béton. Dans certaines stations, ce bac dispose d'au moins 2 compartiments qui fonctionnent selon un système de vases communicants. Les volumes des différents compartiments sont très variables (Tableau 7). Les photos 15, 16 et 17 présentent un échantillon de bac de reprise de la SPM.



Photo 15 : Bac de recyclage à 1 seul compartiment (Ndoh)



Photo 16 : Bac de recyclage à 2 compartiments (Mideviv)



Photo 17 : Bac de recyclage à 3 compartiments (Douane)

Tableau 7 : Quelques caractéristiques des bacs de recyclage de la SPM

Nom de la station	Nb de comp	Vol comp 1	Vol comp 2	Vol comp 3
Douane	3	40,5 m ³	43,2 m ³	45,0 m ³
Manengoteng	1	27,5 m ³	---	---
Mideviv	2	1,0 m ³	22,5 m ³	---
Ndoh	1	23,5 m ³	---	---
Siège	1	16,5 m ³	---	---
Singa	2	3,5 m ³	57,0 m ³	---
Tehoum	3	13,0 m ³	13,5 m ³	12,6 m ³

Nb de comp : nombre de compartiment du bac de reprise

Vol comp : volume approximatif du compartiment

Les chiffres 1, 2 et 3 représentent les numéros de compartiment

A la fin de chaque journée de conditionnement, les bacs de soins aux fruits (dépattage et sélection) et de recyclage sont vidés de leur contenu. L'eau est donc déversée dans la nature (Figures 3 et 4). Elle s'écoule vers les plantations et quelquefois vers les cours d'eau environnant. Certaines stations (*Siège* et *Tehoum*), disposent d'une fosse de collecte des eaux de vidange journalière.

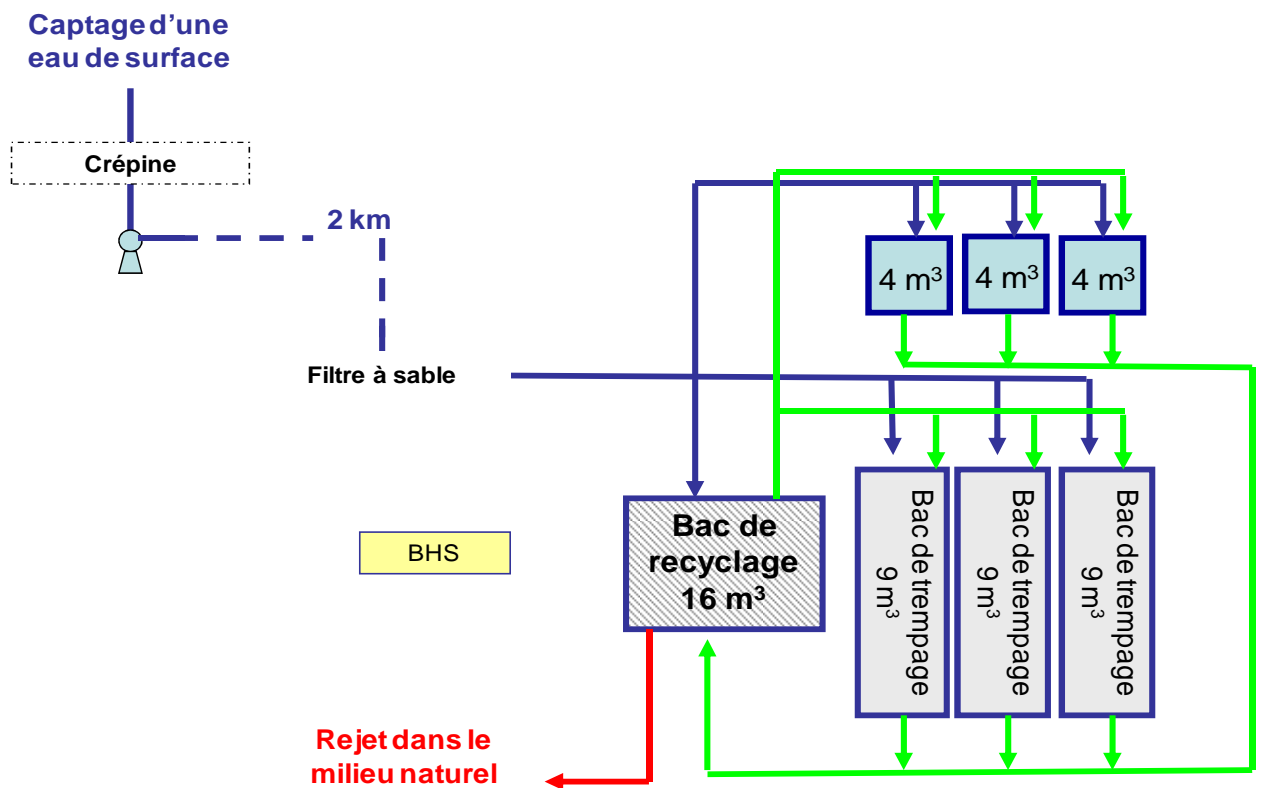


Figure 3 : Vue synoptique de la station Siège dont la fréquence de vidange du bac de recyclage est journalière

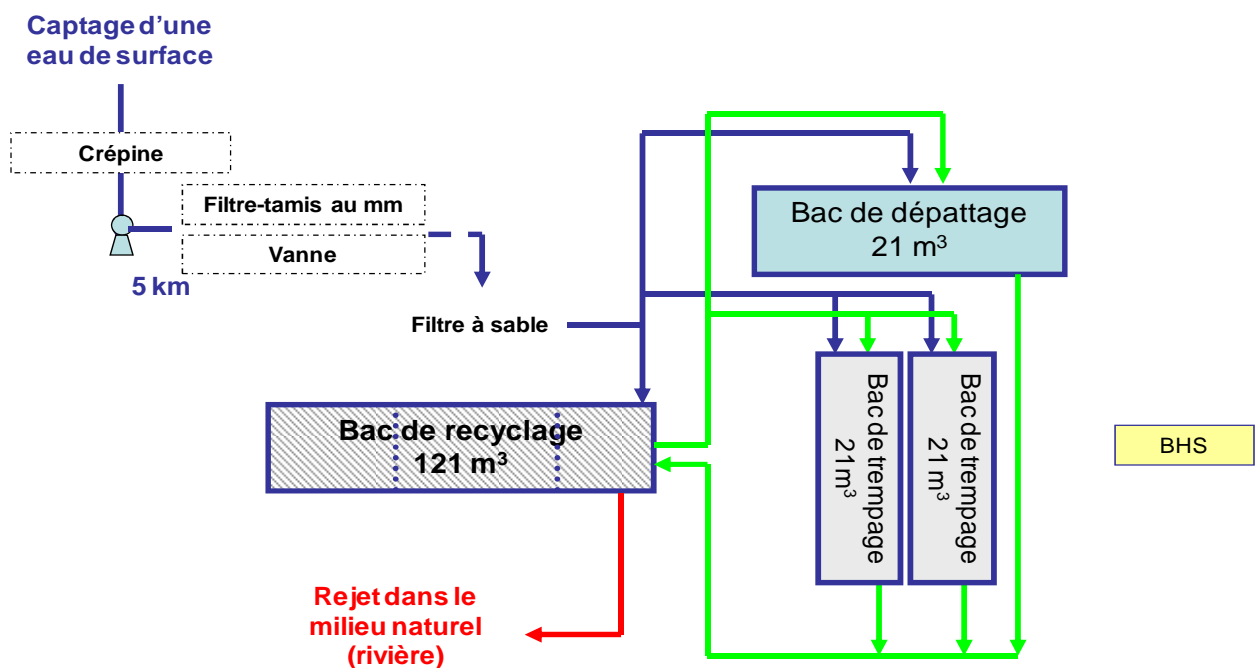


Figure 4 : Vue synoptique de la station Douane dont la fréquence de vidange du bac de recyclage est journalière

Le tableau 8 ci-après présente quelques données de 2 stations Siège et Douane dont les bacs de recyclage sont respectivement le plus petit et le plus grand de la SPM. Les quantités d'eau utilisées par jour et pour la production d'une palette ainsi que les différents débits d'eau dans les bacs de la station Douane sont largement supérieurs aux données observées à Siège.

Tableau 8 : Comparaison de quelques paramètres des stations Siège et Douane

Paramètres ou caractéristiques	Douane	Siège
Volume d'eau utilisée par jour (m ³ /j)	184,0	55,0
Volume d'eau utilisée/jour/palette (m ³ /j/p)	7,8	3,7
Volume total des bacs en station (m ³)	184,0	55,0
Débit d'eau dans le bac de dépaillage (m ³ /h)	11,0	5,0
Débit d'eau dans le bac de trempage (m ³ /h)	7,0	4,3
Débit d'eau dans le bac de recyclage (m ³ /h)	25	28,0

3. Station en eau recyclée tous les trois jours : les cas de Djoungo et Njombé Palmeraie

Approvisionnement en eau

Les eaux utilisées dans les stations de Djoungo et Njombé Palmeraie sont captées en surface dans le lac Dia-dia et la rivière Kumbé respectivement. Elles sont également conduites en station par un système constitué d'une motopompe ou d'une électropompe aspirante munie d'une crépine pour la filtration et d'une tuyauterie en acier ou en aluminium jusqu'à l'entrée de la station où il existe toujours une vanne d'ouverture et de fermeture.

Par contre, cette vanne est toujours précédée d'un système composé d'un compteur et d'une crépine de filtration (Photo 18). L'eau qui rentre en station est directement distribuée dans les différents bacs (dépaillage, trempage, BHS et recyclage).

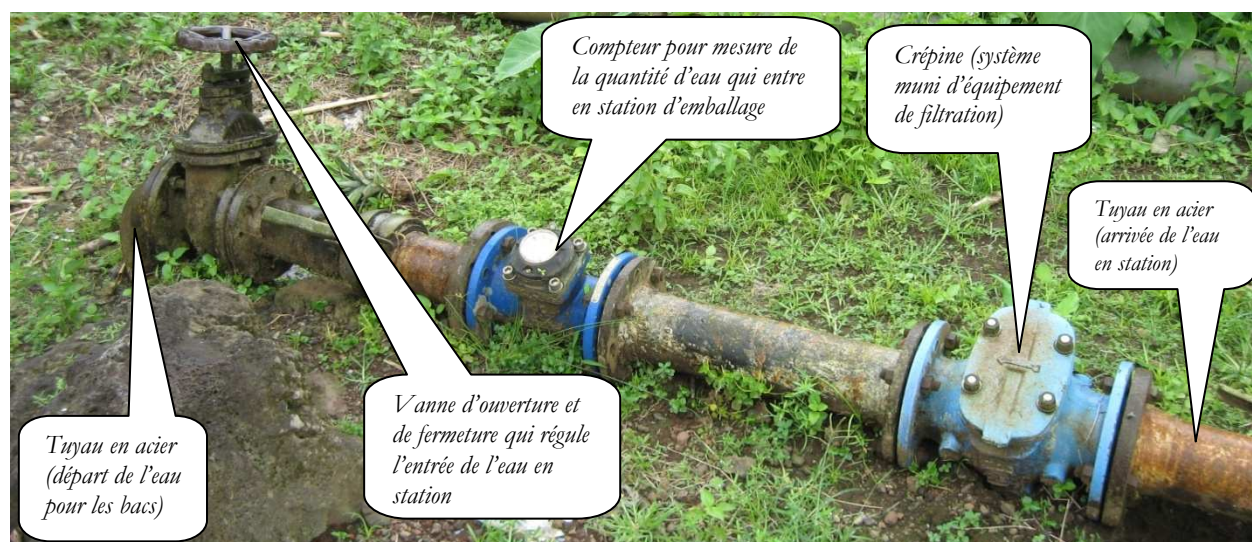


Photo 18 : Vue générale du dispositif d'approvisionnement en eau à l'entrée des stations d'emballage de la PHP

Les bacs de soins aux fruits

L'une des particularités des deux stations est qu'elles disposent chacune d'un seul bac de dépattage dont les capacités diffèrent (Figures 5 et 6). Elles sont respectivement de 49 m³ et 66 m³ pour Njombé palmeraie et Djoungo. Le seul bac de Djoungo sert également de bac de trempage.

Le bac de dépattage/réception

Ils sont construits en béton et recouverts de carreaux de coloration blanche. L'eau arrive dans ces cuves par des tuyaux en acier perforés. Le nombre de trous d'approvisionnement en eau varie en fonction de l'emplacement du tuyau sur le bac. Chaque bac possède au niveau de sa base inférieure une vanne de vidange qui permet de le vider de son contenu 2 fois par semaine (les mercredis et les samedis). Il existe au dessus de chaque bac de dépattage un ou deux séparateurs fabriqués à partir d'un bambou de chine, d'un tuyau en plastique ou d'une barre de acier sur lequel est posé une bâche ou une feuille de polyéthylène (Photo 6). Par ailleurs, il existe toujours un fil de délimitation des $\frac{3}{4}$ au dessus de chaque bac de dépattage qui permet d'éviter le remplissage excessif du bac et les chocs entre les fruits, et de respecter le temps de trempage des fruits.

Le bac de trempage/sélection/triage

Contrairement à Njombé Palmeraie, à la station Djoungo le seul bac de dépattage sert également de bac de trempage. Ainsi, après le lavage de la main de banane, le triage et la formation des différents bouquets en fonction des catégories de banane ; ces bouquets sont jetés dans le bac de sélection où ils flottent pendant 15 à 45 min en fonction de la longueur du bac pour permettre l'écoulement de la sève provoqué par les blessures survenues au cours de la formation des bouquets. Le débit d'eau dans les bacs de trempage à Njombé Palmeraie est de 18m³/h. Ces 4 bacs de sélection dont la capacité est de 21m³ chacun sont également construits en béton et recouverts de carreaux de couleur blanche. L'eau y est apportée par 2 tuyaux en acier galvanisé perforés, toujours positionnés dans le sens de la largeur de la construction. Le premier est placé au bout du bac et les autres au milieu pour augmenter la pression d'eau qui favorise ou accélère la vitesse de déplacement des bouquets de bananes. Le surplus d'eau et les autres débris qui se retrouvent dans le bac de sélection sont évacués à travers les canaux situés à l'autre bout du bac où sont positionnés les classificateurs. Ces déchets sont habituellement captés à l'aide d'un grillage en acier à un seul point de rétention avant le bac de recyclage. L'eau est conduite dans le bac de recyclage.

Le tableau 9 montre bien que le volume total des bacs fonctionnels et le volume d'eau utilisée par jour ainsi que le débit d'eau dans le bac de recyclage à la station Njombé palmeraie sont au moins trois fois supérieurs à celui de Djoungo qui utilise très peu d'eau par jour pour la production d'une palette de banane dessert destinée à l'exportation.

Tableau 9 : Comparaison des critères des stations dont la vidange du bac de reprise est bihebdomadaire

Paramètres ou caractéristiques	Djoungo	Njombé Palmeraie
Volume d'eau utilisée par jour (m ³ /j)	30,0	105,0
Volume d'eau utilisée/jour/palette (m ³ /j/p)	1,2	2,0
Volume total des bacs en station (m ³)	91,0	313,0
Débit d'eau dans le bac de dépattage (m ³ /h)	24,5	21,0
Débit d'eau dans le bac de trempage (m ³ /h)		18,0
Débit d'eau dans le bac de recyclage (m ³ /h)	24,5	91,0

Système de recyclage et bac de recyclage

Que ce soit à Djoungo ou à Njombé Palmeraie, le système de recyclage fonctionnel est presque identique et est constitué essentiellement :

- **d'une électropompe** à base de moteur ordinaire muni d'un système aspirant et équipé d'un dispositif de filtration (*crépine*) placé au bout du tuyau qui est plongé dans le bac de recyclage ;
- **des tuyaux de canalisation d'eau** en acier. Ils permettent de renvoyer l'eau dans les différents bacs de dépattage et de sélection de la station ;
- **bac de recyclage**, encore appelé « bac de reprise » il est généralement construit en béton. A Njombé Palmeraie, ce bac est composé de 8 compartiments (Photos 19) qui fonctionnent selon un système de vases communicants alors qu'il est en forme de « L » à Djoungo (photo 20). La capacité varie significativement selon la station (Figures 5 et 6).



Photo 19 : bac de recyclage de Njombé palmeraie)



Photo 20 : bac de recyclage en « L » de Djoungo

Tous les bacs (dépattage, trempage, recyclage et BHS) sont vidés de leur contenu après 3 journées de travail. Au cours des 2 vidanges hebdomadaires les eaux de vidange sont déversées dans la nature et précisément dans les plantations.

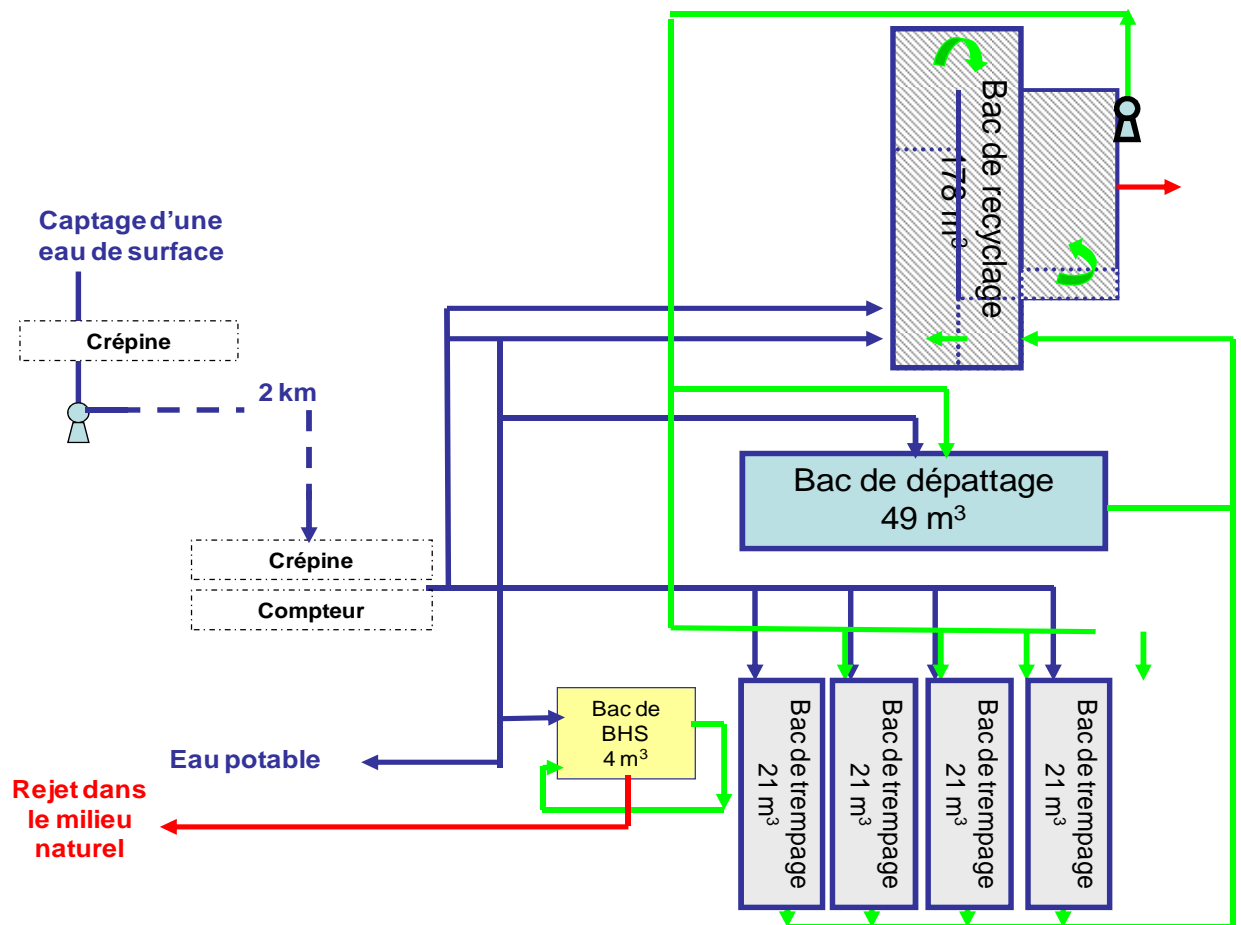


Figure 5 : vue synoptique de la station Njombé Palmeraie (PHP) : vidange bihebdomadaire

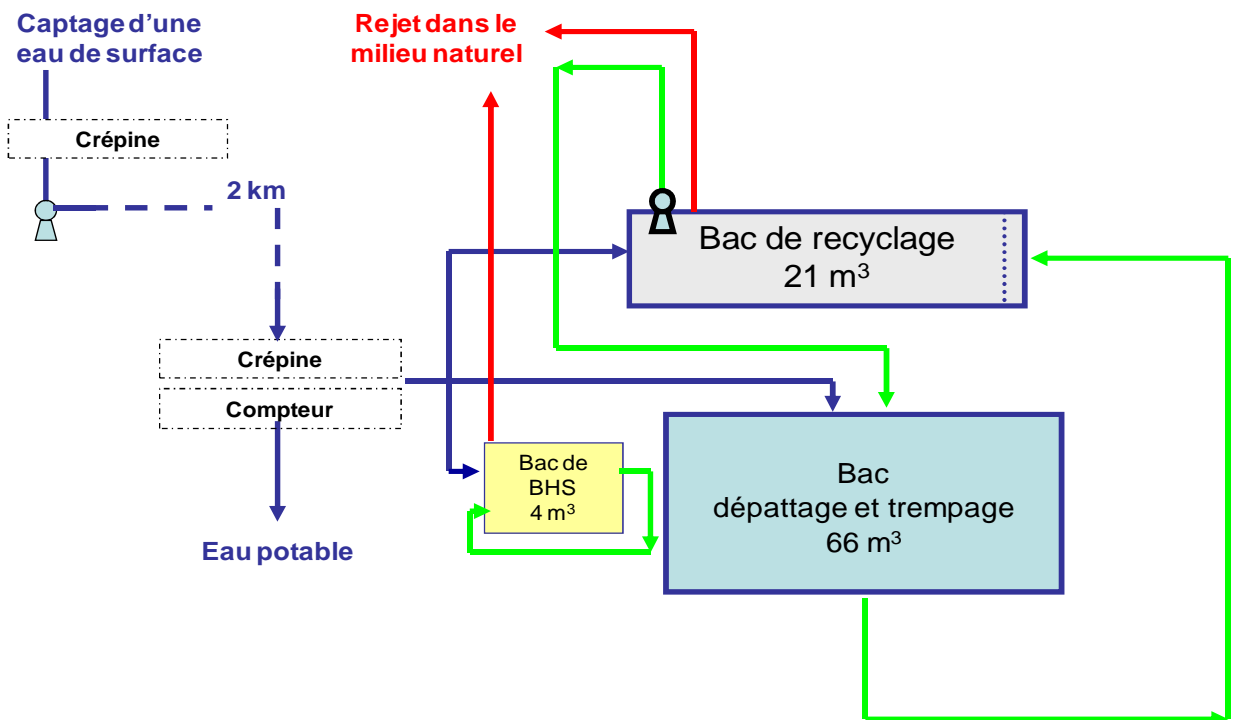


Figure 6 : vue synoptique de la station Djoungo (PHP) : vidange bihebdomadaire

4. Station en eau recyclée tous les six jours : Mpoula 1 et PHP Bas

Approvisionnement en eau

Les eaux utilisées dans les stations de Mpoula 1 et PHP Bas proviennent respectivement des rivières *Mpoula* et *Moataba*. Elles sont captées en surface dans leur source et sont conduites en station par un système constitué d'une motopompe ou d'une électropompe aspirante munie d'un filtre et d'une tuyauterie en acier jusqu'à l'entrée de la station où il existe toujours une vanne d'ouverture et de fermeture. Cette vanne est précédée d'un système composé d'un compteur et d'une crépine de filtration à PHP Bas alors qu'à Mpoula 1, il n'y a ni compteur ni crépine qui sont remplacés tout simplement par un manomètre. L'eau qui entre ainsi en station est rapidement distribuée dans les bacs de soins aux fruits et de recyclage.

Le bac de BHS

Les 2 stations disposent chacune d'un bac de réception des bananes hors standard (BHS) qui sont entraînées dans une goulotte d'évacuation sous la pression de l'eau et y sont déversées avant toute opération de récupération. Leur capacité est identique (4 m^3) et est relativement plus petite que celle des autres bacs (réception & trempage) en station. Ils sont composés de 2 compartiments, l'un pour la réception des fruits et l'autre destiné stockage de l'eau. Cette dernière est recyclée sur elle-même (circuit fermé) durant 6 jours à l'aide d'une électropompe.

Le bac de dépattage/réception

Ils sont construits en béton et recouverts de carreaux de couleur blanche. Leur capacité est variée. Il existe un bac de dépattage à Mpoula 1 tandis qu'à PHP Bas, le seul bac fonctionnel sert simultanément au dépattage et au trempage. L'eau arrive directement dans ces cuves par des tuyaux en acier perforés. Le nombre de trous d'approvisionnement en eau varie en fonction de l'emplacement du tuyau sur le bac. Ce tuyau est placé dans le sens de la longueur du bac de dépattage. Le bac possède au moins un point d'évacuation de l'excédant d'eau. Au niveau de sa base inférieure une vanne de vidange permet de le vider de son contenu une fois par semaine (les samedis après la fin des travaux d'emballage).

Il existe au dessus de chaque bac de dépattage un ou deux séparateurs fabriqués à partir d'un bambou de chine, d'un tuyau en plastique ou d'une barre en acier sur lequel est posé une bâche ou une feuille de polyéthylène (Photo 6). Par ailleurs, il existe toujours un fil de délimitation des $\frac{3}{4}$ au dessus de chaque bac de dépattage qui permet d'éviter le remplissage abusif du bac et les chocs entre les fruits, et de respecter le temps de trempage des fruits.

Le bac de trempage/sélection/triage

Il est confondu au bac de dépattage sur la station PHP Bas alors qu'il en y a 4 de 25m^3 chacun à Mpoula 1 (Figures 7 et 8). Tous les bacs de sélection sont également construits en béton et recouverts de carreaux de couleur blanche. L'eau y est apportée par au moins 2 tuyaux en acier perforés toujours positionnés dans le sens de la largeur de la construction. Le premier est placé au bout du bac et les autres au milieu pour augmenter la pression d'eau qui favorise ou accélère la vitesse de déplacement des bouquets de bananes. Le surplus d'eau et les autres débris (pistil, morceaux ou bouts de coussinets, etc.) qui se retrouvent dans le bac de sélection sont évacués à travers les canaux situés à l'autre bout du bac où sont positionnés les classificateurs. Ces déchets sont habituellement captés au niveau des points de rétention conçus à l'aide d'un panier en plastique, d'une lame en acier perforée, d'un grillage en plastique ou en acier.

Les eaux qui sortent des bacs de dépattage et de trempage sont canalisées vers les bacs de recyclage où elles devraient en principe subir un processus de traitement de manière à ce que l'eau qui repart de ce bac soit appropriée pour le lavage des fruits de banane.

Système de recyclage et bac de recyclage

Les 2 stations dont la fréquence de vidange des bacs de reprise est hebdomadaire disposent chacune d'un système de recyclage fonctionnel constitué essentiellement :

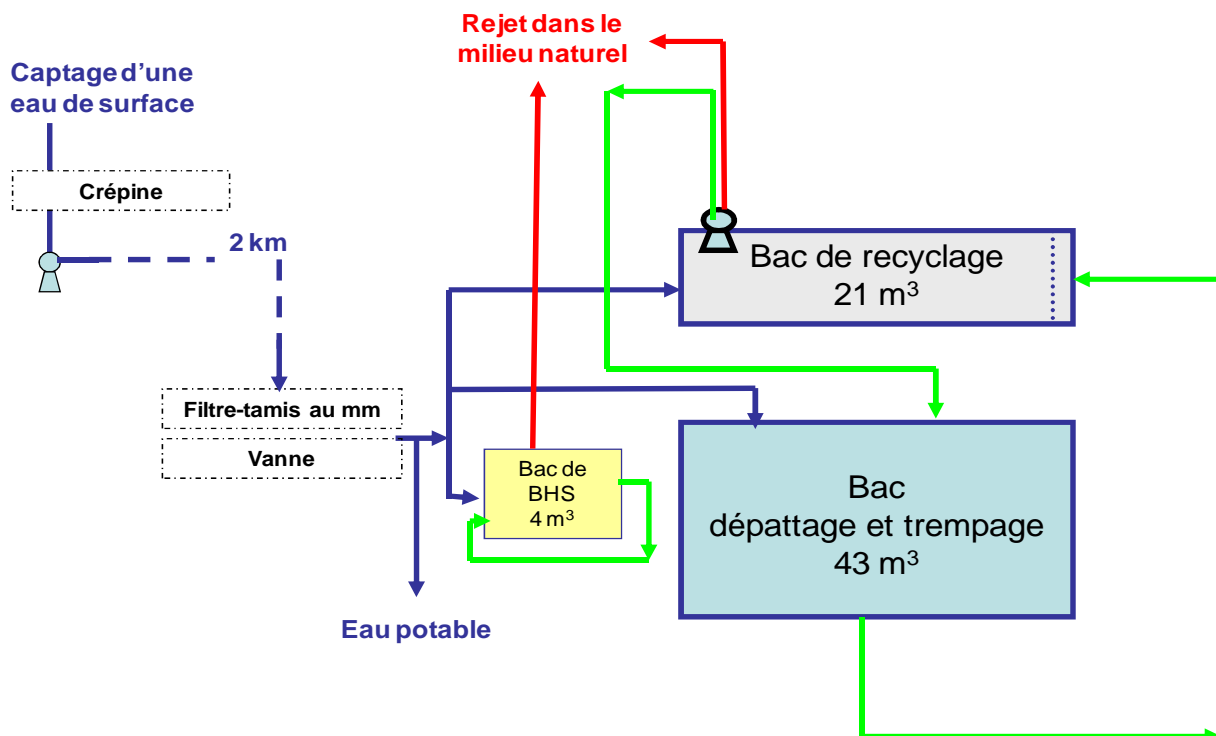
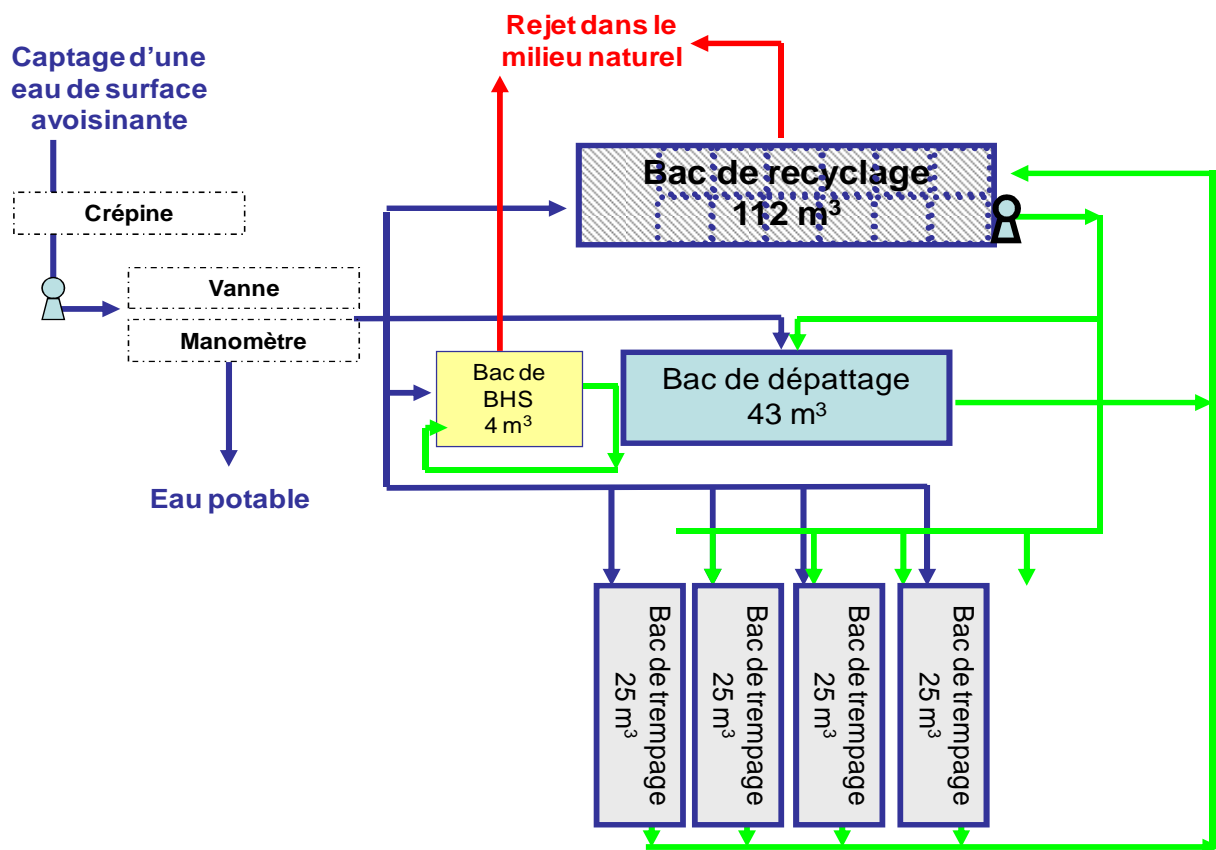
- **d'une électropompe ;**
- **des tuyaux de canalisation d'eau ;**
- **d'un bac de recyclage**, encore appelé « bac de reprise ». Il est généralement construit en béton. A la station Mpoula 1, ce bac est fait de 14 compartiments qui fonctionnent selon un système de vases communicants tandis qu'à PHP Bas, le bac de reprise a la forme d'un « L » (Photos 21 et 22).



Photo 21 : Bac de recyclage en « L » (PHP Bas)



Photo 22 : Bac de recyclage à 14 compartiments (Mpoula 1)



Bien que les 2 stations soient en eau recyclée avec une fréquence hebdomadaire de vidange du bac de reprise, sur Mpoula 1 les paramètres suivants (i) quantités d'eau utilisée par jour, (ii) volume d'eau utilisée pour la production d'une palette, (iii) débits d'eau des bacs de reprise et débit d'eau dans le bac de dépaillage ; sont très largement supérieurs aux données observées sur la station PHP Bas (Tableau 10). Les eaux des bacs de dépaillage, de trempage, de recyclage et de BHS des stations Mpoula 1 et PHP Bas sont vidangées une seule fois par semaine. A la suite de ce processus, tous les bacs sont nettoyés à l'aide des balais. Les eaux de vidange sont déversées dans la rivière la plus proche et/ou dans les plantations de bananiers respectivement pour Mpoula 1 et PHP Bas.

Tableau 10 : Quelques paramètres des stations dont la vidange du bac de reprise est hebdomadaire

Paramètres ou caractéristiques	Mpoula 1	PHP Bas
Volume d'eau utilisée par jour (m ³ /j)	43,0	11,0
Volume d'eau utilisée/jour/palette (m ³ /j/p)	1,4	0,3
Volume total des bacs en station (m ³)	259,0	68,0
Débit d'eau dans le bac de dépaillage (m ³ /h)	11,8	7,0
Débit d'eau dans le bac de trempage (m ³ /h)	4,2	
Débit d'eau dans le bac de recyclage (m ³ /h)	29,0	7,0

5. Les substances et autres produits chimiques utilisés en station d'emballage des bananes dessert au Cameroun

5.1. Cameroon Development Corporation (CDC)

L'hypochlorite de calcium

L'hypochlorite de calcium est la seule substance utilisée à la CDC pour la désinfection des eaux de lavage des fruits. Une solution d'hypochlorite à 2 kg/50 l d'eau est injectée (4 l/h) dans l'eau filtrée qui va se déverser dans la cuve d'eau potable, d'où elle partira pour alimenter les différents secteurs de la station (Photo 5). Il est à noter que le bac d'eau potable est vidangé une fois par semaine, puis lavé et rincé avec une solution d'hypochlorite de calcium.

Le flutex ou bactérol

Encore appelé bactérol ou '*dispalatex*', c'est un savon liquide qui est utilisé pour le lavage des fruits avant et pendant de la sélection. Une solution de bactérol est ajoutée à l'aide d'un injecteur dans l'eau qui se dirige dans les bacs de dépaillage et de trempage. La concentration de cette solution varie très peu d'une station à l'autre et est comprise entre 1 litre pour 60 l d'eau et 1 litre pour 70 l d'eau. L'injecteur libère entre 5 l et 6 l de cette solution par heure. Selon les responsables des stations, le rôle de cette solution est de favoriser l'émulsion ou la dissolution du latex afin de permettre son évacuation. Il permet également de neutraliser la sève provenant des blessures provoquées lors de la formation des bouquets. Cette opération permet d'éviter l'adhésion de la sève sur les fruits ; phénomène qui détériore leur présentation générale.

5.2. Plantations du Haut Penja (PHP)

L'hypochlorite de calcium et le sulfate d'alumine

L'hypochlorite de calcium est régulièrement utilisé en quantité très variable dans les stations d'emballage de la PHP pour le traitement ou la désinfection des eaux de lavage dans les bacs de soins aux fruits et de recyclage. Une quantité importante de cette substance est déversée dans le bac de reprise avant son remplissage suite à une vidange. En effet, l'hypochlorite dégage du chlore actif au contact de l'eau qui permet d'éliminer les bactéries. Selon la réglementation mise en place en 2004 à la PHP, sa concentration doit être de 20 g/m³ d'eau.

Le rôle principal du sulfate d'alumine est de coaguler le latex, puis de favoriser son dépôt au fond des bacs de dépattage et de sélection dans lesquels ils est régulièrement versé au début du processus de conditionnement des fruits. Cette substance permet d'améliorer la présentation générale du fruit puis qu'elle évite que la sève colle sur le fruit et le détériore.

Le tableau 11 présente les fréquences d'utilisation de ces deux produits chimiques qui diffèrent selon les stations en fonction de la taille ou des dimensions des bacs. Selon les responsables de la station *Mpoula 1*, aucune des deux substances n'est utilisée parce que le système de recyclage n'est pas complètement fermé.

Toutefois, en plus des fréquences hebdomadaires de traitement ou d'utilisation précise de ces 2 substances dans certaines stations, des quantités relativement faibles sont ajoutées dans les bacs entre 1 et 3 fois par jour. Par ailleurs, après la formation de 12 palettes dans la plupart des stations d'emballage, 1kg de sulfate d'alumine est déversé soit dans les circuits qui conduisent l'eau au bac de recyclage, soit dans les bacs de dépattage ou de sélection.

Le flutex ou bactérol

Ce savon liquide qui est utilisé pour le lavage des fruits lors de la sélection, permet également de neutraliser la sève provenant des blessures provoquées lors de la formation des bouquets. Environ 0,5 à 1 litre est utilisé au quotidien dans chaque station d'emballage de la PHP. Le flutex est habituellement dilué au 1/10^{ème}.

5.3. Société des Plantations de Mbanga (SPM)

Le sulfate d'alumine et l'hypochlorite de calcium

Ces substances font partie des principaux produits chimiques régulièrement utilisés dans les stations de conditionnement de la SPM. L'hypochlorite de calcium permet la désinfection des eaux de lavage dans les bacs de soins aux fruits et de recyclage. Il est habituellement déversé dans le bac de reprise avant son remplissage. Il est également à noter qu'une solution d'hypochlorite est régulièrement (2 à 4 fois par jour) pulvérisée dans l'ensemble de la station à l'aide d'un arrosoir ou d'un pulvérisateur pour la désinfection générale. Le rôle principal du sulfate d'alumine (floculant) est de coaguler et de favoriser le dépôt de la sève au fond des bacs de dépattage et de sélection dans lesquels il est régulièrement versé avant tout début du processus de conditionnement des fruits, évitant ainsi que la sève colle sur le fruit et détériore sa présentation générale. Les quantités et les fréquences d'utilisation de ces deux substances diffèrent selon les stations puisqu'elles sont fonction de la taille ou des dimensions des bacs (Tableau 12).

Le flutex ou bactérol

C'est un savon liquide qui est utilisé pour le lavage des fruits lors de la sélection. Encore appelé bactérol, il permet de neutraliser la sève provenant des blessures provoquées lors de la découpe des bouquets. C'est pourquoi certains responsables de stations exigent l'accrochage au dessus des bacs de triage de flacons contenant la solution de flutex qui tombe goutte à goutte dans l'eau des bacs. Le flutex est habituellement dilué au 1/10^{ème}.

Tableau 11 : Fréquence d'utilisation des produits chimiques dans les stations d'emballage de la PHP

Station	Nom du bac	Sulfate d'alumine		Hypochlorite de calcium	
		Quantité	Fréquence	Quantité	Fréquence
Dia – dia	Dépattage	5 kg	2 x / sem	1,13 kg	2 x / sem
	Sélection	7,2 kg	2 x / sem	1,8 kg	2 x / sem
	Recyclage	10 kg	2 x / sem	2,64 kg	2 x / sem
Djoungo	Dépattage – Sélection	1 kg	1 x / j	1 kg	1 x / j
	Recyclage	3kg	2 x / sem	0,35 kg	*
Kumbe	Dépattage	---	---	1 kg	1 x / j
	Sélection	---	---	0,5 kg	1 x / j
	Recyclage	1 kg	*	2,5 kg	1 x / j
Loum 1	Dépattage	---	---	1 kg	2 x / sem
	Sélection	---	---	0,5 kg	2 x / sem
	Recyclage	1 kg	1 x / j	7 kg	2 x / sem
Mantem 2	Dépattage-Sélection	---	---	1,5 kg	2 x / j
Mpoula 1 ^μ	Dépattage				
	Sélection				
	Recyclage				
Nassif – bas	Dépattage	0,5 kg	1 x / j	1 kg	1 x / j
	Sélection	2 kg	1 x / j	1,5 kg	1 x / j
	Recyclage	2 kg	1 x / j	2 kg	1 x / j
Njombé palmeraie	Dépattage-Sélection-Recyclage	1,75	2 x / sem	450 g	2 x / sem
Penja ouest	Dépattage	2 kg	2 x / sem	100 g	2 x / j
	Sélection	1 kg/bac	2 x / sem	50 g	2 x / j
	Recyclage	---	---	---	---
PHP – bas	Dépattage	1 kg	2 x / sem	---	---
	Sélection			---	---
	Recyclage	---	---	1 kg	*
PHP – haut	Dépattage	4 kg / 8	1 x / j	2,16 kg /	1 x / j
	Sélection	bacs		8 bacs	
	Recyclage	1 kg	1 x / sem	0,5 kg	1 x / sem

kg : kilogramme ;

2 x / j : deux fois par jour ;

l : litre

* : après chaque 12 palettes formés

μ : aucune des 2 substances n'est utilisée

Tableau 12 : Fréquence d'utilisation des produits chimiques dans les stations d'emballage de la SPM

Station	Nom du bac	Sulfate d'alumine		Hypochlorite de calcium		Flutex / Bactérol	
		Quantité	Fréquence	Quantité	Fréquence	Quantité	Fréquence
Douane	Dépattage	1 kg	2 x / j	---	---	---	---
	Sélection	4 kg	2 x / j	---	---	3 l	1 x / j
	Recyclage	---	---	8 kg	2 x / j	---	---
Manengoteng	Dépattage	---	---	---	---	---	---
	Sélection	2 kg	2 x / j	---	---	0,5 l	2 x / j
	Recyclage	---	---	3 kg	1 x / j	---	---
Mideviv	Dépattage	0,75 kg	2 x / j	---	---	---	---
	Sélection	2,25 kg	2 x / j	---	---	---	---
	Recyclage	---	---	3 kg	1 x / j	---	---
Ndoh	Dépattage	1,5 kg	2 x / j	---	---	---	---
	Sélection	1,5 kg	2 x / j	---	---	---	---
	Recyclage	---	---	6 kg	1 x / j	---	---
Siège	Dépattage	6 kg	2 x / j	---	---	---	---
	Sélection	---	---	---	---	0,5 l	2 x / j
	Recyclage	---	---	6 kg	1 x / j	---	---
Singa	Dépattage	1 kg	3 x / j	1,5 kg	1 x / j	---	---
	Sélection	1 kg	3 x / j	1,5 kg	1 x / j	2 l	1 x / j
	Recyclage	---	---	3 kg	1 x / j	---	---
Tehoum	Dépattage	1 kg	2 x / j	---	---	---	---
	Sélection	1 kg	2 x / j	---	---	1,5 l	2 x / j
	Recyclage	---	---	5 kg	2 x / j	---	---

kg : kilogramme ;

2 x / j : deux fois par jour ;

l : litre

6. Les bouillies fongicides utilisées en station d'emballage des bananes dessert au Cameroun

6.1. Cameroon Development Corporation (CDC)

Elles sont généralement composées :

1. d'eau potable non traitée. (il s'agit de l'eau sortant directement du système de filtration et qui n'a pas reçu de dose d'hypochlorite de calcium ou encore de l'eau recueillie après les pluies. C'est pourquoi dans chaque station d'emballage de la CDC, on retrouve une grande cuve destinée à la collecte des eaux de pluie) ;
2. du sulfate d'alumine (10 g/l) ;
3. d'Imazalil (0,8 g/l) ;
4. du Tecto (100ml/50l), qui est habituellement utilisé en saison pluvieuse ;
5. du Bankit (1ml/l).

Tableau 13 : Volume journalier de bouillie fongicide utilisée dans les stations d'emballage (CDC)

Dénomination de la station d'emballage	Substances pour la préparation de la bouillie fongicide					Bouillie fongicide		
	Eau	Sulfate d'alumine	Imazalil	Tecto	Bankit	Vol min (en l)	Vol max (en l)	Vol moy (en l)
Ekona	√	√	√	√	√	nd	nd	nd
Essoassoa	√	√			√	250	500	375
Esuke	√	√	√			nd	nd	nd
Mafanja one	√	√			√	200	1000	600
Mafanja two	√	√	√			200	1000	600
Mondoni two	√	√	√			100	800	450
Moquo	√	√	√			100	1000	550
Mussaka	√	√	√			300	1400	850
Pungo	√	√				nd	nd	nd

Min : minimal ; max : maximal ; moy : moyen ; l : litre ; nd : non déterminé

Les responsables de station d'emballage ont été unanimes sur l'importance de dissoudre le sulfate d'alumine au moins 1 à 2 jours à l'avance pour augmenter son efficacité. La bouillie fongicide se prépare tous les matins dans un grand récipient de 200 litres. La préparation peut être répétée en fonction du tonnage journalier recommandé. C'est pourquoi les volumes moyens journaliers des bouillies préparées et utilisées varient en fonction des stations d'emballage et sont comprises entre 300 et 850 litres (Tableau 13). Au cours de la préparation, la bouillie est d'abord homogénéisée manuellement puis automatiquement par une barre d'agitation reliée à un moteur. Une pompe aspirante permet d'envoyer la solution de bouillies fongicide dans deux circuits d'utilisation.

Les bouillies fongicides sont utilisées pour lutter contre les pourritures de couronnes. Elles sont pulvérisées sur les couronnes sous la pression d'une électropompe. En effet, pour s'assurer que le traitement fongicide a été très bien réalisé à la CDC, une première pulvérisation manuelle d'environ 50 à 100 ml par plateau est effectuée avant l'entrée de ce dernier dans la chambre de pulvérisation automatique où 150 – 200ml y sont appliqués. Au total près de 250 ml sont appliqués par plateau de banane.

En général, les résidus de bouillies fongicides sont collectés sur une tôle (matériel en aluminium) placée au dessous de la chambre de pulvérisation automatique. Ils sont ensuite canalisés vers une fosse appropriée appelée '*filtration residual tank*' (phytobac). C'est une fosse qui dispose de plusieurs couches superposées de gravier, de sable et d'argile. Ces composites retiendraient les produits chimiques et laisseraient passer l'eau. Cette fosse serait vidangée et les composantes remplacées une fois seulement par an.

6.2. Plantations du Haut Penja (PHP)

Les bouillies fongicides sont généralement composées :

- d'eau potable approvisionnée par le réseau du système d'irrigation ;
- du sulfate d'alumine (10 g/l) ;
- du Baycor (0,70 ml/l) ;
- d'Imazalil (0,75 g/l). Cette concentration varie en fonction de la présence ou non du bateau responsable du transport des conteneurs, elle passe de 0,75 g/l les 3 premiers jours à 0,53 g/l les 3 derniers jours d'attente du bateau. En effet, plus la date de départ du navire approche moins la solution de bouillie fongicide doit être concentrée.

La bouillie fongicide se prépare également tous les matins dans un grand récipient d'environ 200l. Le protocole de préparation standard consiste à ajouter à la solution de sulfate d'alumine, l'imazalil et du baycor avant de bien homogénéiser le mélange. La préparation peut être répétée en fonction du tonnage journalier. C'est ainsi que les volumes journaliers des bouillies préparées et utilisées varient en fonction des stations d'emballage et sont comprises entre 150 et 600 litres (Tableau 14).

Au cours de la préparation, la bouillie est homogénéisée soit manuellement en utilisant un bâton en bois, soit automatiquement à l'aide d'une barre agitatrice fixée à un moteur ou d'un flux d'air renvoyé dans le récipient par une pompe à vide. Ce processus d'agitation est continu pendant son utilisation afin d'éviter les dépôts au fond du récipient.

Les bouillies fongicides sont utilisées pour lutter contre les pourritures de couronnes. Elles sont badigeonnées sur les couronnes à l'aide d'un pinceau ou pulvérisées sous la pression d'une électropompe. Pour également se rassurer comme à la CDC ou SPM que les couronnes arriveront plus tard en bon état sur le marché européen, l'on procède toujours à deux phases du traitement avec la même solution :

- **Phase 1** à la sortie du bac de sélection. Elle consiste à plonger les couronnes des bouquets dans une solution de bouillie fongicide avant de les placer sur le plateau (Photo 23). Cette solution est régulièrement changée compte tenu de la dilution qui s'opère lors du processus.
- **Phase 2** après les étapes de la classification des bouquets sur les plateaux et de la pesée de l'ensemble. Il se fait généralement par badigeonnage à l'aide d'un pinceau ou par pulvérisation (Photo 24).



Photo 23 : Phase 1 du traitement (trempage de la couronne dans une solution fongicide)



Photo 24 : Phase 2 de traitement (exemple de la pulvérisation de la bouillie fongicide)



Photo 25 : Collecte des résidus de la bouillie fongicide après les deux phases du traitement

Lors de l'application du traitement contre la pourriture des couronnes, les résidus de bouillies fongicides sont récupérés dans des bassines à travers des canalisations fabriquées en aluminium et versés dans des fûts appropriés (Photo 25). Ces derniers sont plus tard remis au service phytosanitaire de la société qui se charge de les déverser dans des fosses appropriées ou dans les parcelles en jachère d'après les commentaires des responsables des stations de conditionnement. La collecte de ces résidus n'est pas complète, les pertes dans certains cas sont renvoyées dans les bacs de reprise ou de recyclage. Ces bouillies bien que diluées, reviennent plus tard dans les bacs de dépaillage et de sélection.

Tableau 14 : Volume journalier de bouillie fongicide utilisée dans les stations d'emballage de la PHP

Nom de la station	Volume minimal (en l)	Volume maximal (en l)	Volume moyen (en l)
Dia – dia	250	600	425
Djoungo	200	600	400
Kumbe	200	500	350
Loum 1	300	500	400
Mantem 2	350	400	375
Mpoula 1	100	500	300
Nassif – bas	250	350	300
Njombé palmeraie	200	600	400
Penja ouest	200	300	250
PHP – bas	150	600	375
PHP – haut	150	600	375

Min : minimal ; max : maximal ; moy : moyen ; l : litre ; nd : non déterminé

6.3. Société des Plantations de Mbanga (SPM)

Les bouillies fongicides utilisées dans les stations de conditionnement des bananes dessert à la SPM sont généralement composées :

- d'eau potable (quelquefois approvisionnée dans certaines stations par le réseau de la société nationale des eaux du Cameroun encore appelée *Camwater*) ;
- du Sulfate d'alumine (10 g/l) ;
- d'Imazalil (0,8 g/l) ;
- du Baycor ou Tecto (0,70 ml/l).

Comme à la CDC et à la PHP, il est important de dissoudre le sulfate d'alumine au moins 1 à 2 jours à l'avance pour augmenter son efficacité de la bouillie fongicide qui est toujours préparée le matin dans un grand récipient (200 litres). La préparation peut être répétée en fonction du tonnage journalier de chaque station d'emballage. Les volumes moyens journaliers des bouillies préparées et utilisées varient en fonction des stations (Tableau 15). Au cours de la préparation, la bouillie est homogénéisée manuellement ou par un flux d'air renvoyé dans le récipient par la pompe à vide servant à éliminer l'air du sachet polyéthylène placé dans les cartons d'emballage.

Les bouillies fongicides sont utilisées pour lutter contre les pourritures de couronnes. Elles sont généralement pulvérisées sur les couronnes sous la pression d'une électropompe. Pour se rassurer que les couronnes arriveront plus tard en bon état sur le marché européen, les responsables de station procèdent à un double traitement :

- **le premier** à la sortie du bac de sélection. Elle consiste à plonger les couronnes des bouquets dans une solution de bouillie fongicide avant de les placer sur le plateau de classification. Cette solution est régulièrement changée compte tenu de la dilution qui s'opère lors du processus ;
- **le second** après les étapes de la classification des bouquets sur les plateaux et de la pesée de l'ensemble. Il se fait habituellement par pulvérisation.

En général, les bouillies fongicides sont récupérées dans des fûts appropriés et remis au service phytosanitaire de la société qui se charge de les déverser dans des fosses appropriées ou dans les parcelles en jachère. Dans certains cas, elles sont plutôt renvoyées dans les bacs de reprise ou de recyclage. Ces bouillies bien que diluées, reviennent plus tard dans les bacs de dépattage et de sélection. Or, considérant l'effet nocif de cette bouillie et compte tenu de leur manipulation continue sans protection dans le temps par les agents chargés du lavage et triage des fruits dans les bacs, cette situation pourrait avoir des conséquences néfastes sur la santé des personnes exerçant dans la station.

Tableau 15 : Volume journalier de bouillie fongicide utilisée dans les stations de conditionnement de la SPM

Station	Volume minimal (en l)	Volume maximal (en l)	Volume moyen (en l)
Douane	100	300	200
Manengoteng	150	300	225
Mideviv	400	500	450
Ndoh	400	600	500
Siège	100	600	350
Singa	400	700	550
Tehoum	100	400	250

B. Activité spécifique 2 : analyse physicochimique et bactériologique des eaux

1. Préambule

Après l'enquête diagnostic dans les différentes stations de conditionnement des bananes dessert à la SPM, PHP et CDC au cours de laquelle un état des lieux et une quantification des effluents ont été réalisés, la suite des activités dans le cadre de ce projet d'appui concernait l'analyse de la qualité des eaux de lavage des fruits dans ces entreprises. Il était spécifiquement question de procéder à des analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau des différentes stations de conditionnement. Pour atteindre cet objectif, la démarche suivante a été adoptée :

- définition et consolidation d'un protocole d'échantillonnage ;
- mise en place et réalisation d'une campagne de collecte des eaux de lavage ;
- analyse physico-chimique et bactériologique des échantillons d'eau.

Il est à préciser que les prélèvements effectués dans les différentes stations d'emballage ont été ponctuels et sans répétition. Par ailleurs, la plupart des paramètres bien que pertinents sont plutôt informatifs dans le cadre de cette étude.

2. Analyse des stations sélectionnées

2.1. Protocole d'échantillonnage

Compte tenu des données obtenues lors de l'enquête diagnostic qui a précédé cette activité spécifique 2, un protocole d'échantillonnage a été défini. Le choix des stations de prélèvement s'est effectué en fonction de la typologie des différentes stations de conditionnement à partir de critères permettant de les différencier au mieux. Il s'agissait entre autres de :

- la présence ou non d'un dispositif fonctionnel de recyclage de l'eau en station ;
- la fréquence de vidange des bacs de recyclage ;
- la capacité des bacs de recyclage ;
- la taille de la station.

2.1.1. Stations en eau recyclée (2 à la SPM et 4 à la PHP)

2.1.1.1. SPM : Douanes & Siège (vidange journalière du bac de reprise)

A1. A l'entrée de la station. Il s'agit ici de l'eau présente en station et prête à l'emploi. Elle provient de la rivière ou du cours d'eau avoisinant et constitue la source d'eau utilisée dans les stations d'emballage de la SPM.

A2. A la sortie des bacs de dépaquetage après 5h de recyclage, puis que l'activité commence très souvent entre 6h30 et 7h avec une pause de 30min à 1h entre 12h et 13h.

A3. A la sortie des bacs de trempage après 5h pour la même raison ci-dessus évoquée

A4. Avant le rejet dans la nature ou encore avant la vidange de la cuve de recyclage. Elle se fait en fin de journée puis que l'activité d'emballage se poursuit jusqu'à 18h – 18h30min.

Au total 8 échantillons d'eau ont été collectés à la SPM dans deux stations dont la fréquence de vidange des bacs est journalière.

2.1.1.2. PHP : Njombé Palmeraie & Djoungo (vidange bihebdomadaire du bac de reprise)

A1. A l'entrée de la station. Il s'agit ici de l'eau présente en station et prête à l'emploi. Elle provient de la rivière ou du cours d'eau avoisinant et constitue la source d'eau utilisée dans la station d'emballage de la PHP

A2. A la sortie des bacs de dépaillage après 5h de recyclage (milieu de journée)

A3. A la sortie des bacs de trempage après 5h de recyclage (milieu de journée)

A4. Au retour en station après 1 j de recyclage (fin de journée)

A5. Au retour en station après 2 j de recyclage (fin de journée)

A6. Au retour en station après 3 j de recyclage (fin de journée). Cet échantillon représentera également celui qui aurait dû être prélevé avant le rejet dans la nature (vidange du bassin de décantation) ; c'est-à-dire au terme du cycle bihebdomadaire de recyclage.

Au total 12 échantillons d'eau ont été collectés à la PHP dans 2 stations dont la fréquence de vidange des bacs est bihebdomadaire.

2.1.1.3. PHP : Mpoula 1 et PHP Bas (vidange hebdomadaire du bac de reprise)

A1. A l'entrée de la station. Il s'agit ici de l'eau provenant de la rivière, du cours d'eau avoisinant qui constitue la source d'eau utilisée dans les stations d'emballage de la PHP

A2. A la sortie des bacs de dépaillage après 5h de recyclage (milieu de journée)

A3. A la sortie des bacs de trempage après 5h de recyclage (milieu de journée)

A4. Au retour en station après 1 j de recyclage (fin de journée)

A5. Au retour en station après 2 j de recyclage (fin de journée)

A6. Au retour en station après 4 j de recyclage (fin de journée)

A7. Au retour en station après 6 j de recyclage (fin de journée), c'est-à-dire avant le rejet dans la nature ou encore pendant la vidange de la cuve de recyclage. Cette opération devra donc s'effectuer au terme du cycle hebdomadaire de recyclage.

Au total 14 échantillons d'eau ont été collectés à la PHP dans 2 stations dont la fréquence de vidange des bacs est hebdomadaire.

2.1.2. Stations en eau perdue

2.1.2.1. CDC : Mafanja Two

B1. A l'entrée de la station. Il s'agit ici de l'eau présente en station et prête à l'emploi. Elle provient de la rivière ou du cours d'eau avoisinant et constitue la source d'eau utilisée dans cette station d'emballage de la CDC.

B2. A la sortie des bacs de dépaillage 5h après emballage (milieu de journée).

B3. A la sortie des bacs de trempage 5h après emballage (milieu de journée).

2.1.2.2. PHP : Mantem 2

B1. A l'entrée de la station. Il s'agit ici de l'eau présente en station et prête à l'emploi. Elle provient de la rivière ou du cours d'eau avoisinant et constitue la source d'eau utilisée dans cette station d'emballage de la PHP.

B2. A la sortie des bacs de dépaillage 5h après emballage (milieu de journée).

B3. A la sortie des bacs de trempage 5h après emballage (milieu de journée).

Au total 6 échantillons d'eau seront collectés dans deux stations en eau perdue des plantations PHP et CDC.

2.2. Collecte des échantillons d'eau de lavage

Les prélèvements ont été effectués dans les stations les plus représentatives de chaque plantation (PHP, CDC, SPM) afin de couvrir au mieux les différences entre zones et méthodes de travail. La collecte des eaux a été réalisée conformément aux localisations et aux intervalles de temps préétablis. Le tableau 1 présente les échantillons prélevés au cours de la campagne de collecte qui s'est étalée sur près de deux semaines.

Finalement, 40 échantillons d'eau ont été collectés dans les stations d'emballage des trois plantations industrielles impliquées dans l'étude (Tableau 16). Chaque échantillon a été prélevé en deux parties dont la première dans deux bouteilles en verre de 500ml pour la physicochimie et la seconde dans un flacon en verre d'environ 200 ml pour la microbiologie (Photo 26).

Ces trois bouteilles étaient placées dans une glacière contenant des glaçons, puis transportées (i) directement au laboratoire HYDRAC pour analyse, (ii) après conservation au réfrigérateur à 4°C pendant moins de 72h au laboratoire de technologie post-récolte (TPR) du CARBAP.

2.3. Analyses physicochimiques et bactériologiques

Les 40 échantillons prélevés dans les huit stations de conditionnement des 3 plantations ont été analysés au laboratoire HYDRAC au Cameroun pour neuf critères physicochimiques spécifiques selon les principes résumés ci-dessous (Tableau 17). Il s'agit de la demande chimique en oxygène (DCO), de la demande biochimique en oxygène (DBO), du pH, des matières en suspension (MES), de l'aluminium, du fer, des nitrates, des nitrites et de la turbidité. Les résultats de ce dernier paramètre sont exprimés en NTU (Nephelometric Turbidity Unit) ou FTU (Formazin Turbidity Unit), sachant que dans nos gammes de valeurs 1 NFU = 1 NTU. Pour la correspondance, nous avons considéré : 1 mg/l SiO₂ = 7.5 FTU.

Par ailleurs, une analyse bactériologique a également été réalisée par la même institution. Il était question d'évaluer la présence ou non et le nombre des germes aérobies, des coliformes totaux et fécaux, des streptocoques fécaux, des sulfite réducteurs, des germes pathogènes et opportunistes totaux ainsi que d'autres germes pathogènes. Bien plus, pour la plupart des échantillons quelques espèces bactériologiques ont été isolées. Les résultats de la bactériologie ont été codifiés comme suit en fonction du dénombrement des germes :

0	= 0
0 - 50 000	= +
50 000 - 100 000	= ++
100 000 - 150 000	= +++
150 000 - 200 000	= ++++
200 000 - 250 000	= +++++
> 250 000	= ++++++

Tableau 16 : Echantillons prélevés au cours de la campagne de collecte d'eau de lavage

N°	Echantillon	Horaire de prélèvement
1	SPDOA1	6h – 7h
2	SPDOA2	12h – 13h
3	SPDOA3	12h – 13h
4	SPDOA4	17h – 18h
5	SPSIA1	6h – 7h
6	SPSIA2	12h – 13h
7	SPSIA3	12h – 13h
8	SPSIA4	17h – 18h
9	PHPALA1	6h – 7h
10	PHPALA2	12h – 13h
11	PHPALA3	12h – 13h
12	PHPALA4	17h – 18h
13	PHPALA5	17h – 18h
14	PHPALA6	17h – 18h
15	PHDJOA1	6h – 7h
16	PHDJOA2	12h – 13h
17	PHDJOA3	12h – 13h
18	PHDJOA4	17h – 18h
19	PHDJOA5	17h – 18h
20	PHDJOA6	17h – 18h
21	PHMPOA1	6h – 7h
22	PHMPOA2	12h – 13h
23	PHMPOA3	12h – 13h
24	PHMPOA4	17h – 18h
25	PHMPOA5	17h – 18h
26	PHMPOA6	17h – 18h
27	PHMPOA7	17h – 18h
28	PHBASA1	6h – 7h
29	PHBASA2	12h – 13h
30	PHBASA3	12h – 13h
31	PHBASA4	17h – 18h
32	PHBASA5	17h – 18h
33	PHBASA6	17h – 18h
34	PHBASA7	17h – 18h
35	CDMAFB1	6h – 7h
36	CDMAFB2	12h – 13h
37	CDMAFB3	12h – 13h
38	PHMANB1	6h – 7h
39	PHMANB2	12h – 13h
40	PHMANB3	12h – 13h

CDC : Cameroon Development Corporation ; MAF : Station Mafanja Two

SP : Société des Plantations de Mbanga ; DO : station Douanes, SI : station Siège

PH : Plantations du Haut Penja ; PAL : Station Njombé Palmeraie ; DJO : Station Djoungo ;

MPO : Station Mpoula 1 ; BAS : Station PHP Bas ; MAN : Station Mantem 2



Photo 26 : Echantillons destinés aux analyses physicochimiques et bactériologiques

Tableau 17 : Paramètres évalués et principe d'analyse

Paramètre analysé	Principe
Turbidité	Méthode néphélométrique : Lecture directe dans des cuves de 1cm de diamètre à l'aide d'un turbidimètre HANNA LP2000.
pH	Méthode par comparaison à une échelle de pH de 0 à 14 à l'aide de bandelette indicatrice.
Matières en suspension	Méthode gravimétrique à l'aide de papier filtre type whatman n°1, d'une balance de précision de marque SARTORIUS et d'un dessiccateur.
DBO5	Méthode instrumentale à l'aide d'un respiromètre de marque HACH permettant d'enregistrer une dépression selon le système de Warburg.
DCO	Méthode par oxydation au dichromate de potassium, ébullition à reflux pendant 2 heures, puis dosage titrimétrique au sel de Mohr.
Nitrites	Dosage par spectrophotométrie d'absorption moléculaire. Dans l'acide sulfurique concentré, les ions nitrates forment avec un dérivé de l'acide benzoïque un composé nitré rouge qui est dosé par photométrie (usage des réactifs spectroquants TEST nitrites)
Nitrates	Spectrophotométrie d'absorption moléculaire. Dans l'acide sulfurique concentré, les ions nitrates forment avec un dérivé de l'acide benzoïque un composé nitré rouge qui est dosé par photométrie (usage des réactifs spectroquants TEST nitrates)
Aluminium	Spectrophotométrie d'absorption moléculaire. En solution tamponnée d'acétate, légèrement acide, l'aluminium forme avec le Chromazurol S une laque colorée d'un bleu violet intense mesurée à la longueur d'onde 545nm contre un échantillon à blanc (Usage des réactifs spectroquant Aluminium).
Fer	Les ions fer sont réduits par l'acide ascorbique en ions fer (II). Dans un milieu tamponné, ceux-ci forment avec de la phénanthroline-1,10 un complexe rouge qui est dosé par photométrie à 510nm. (Usage des réactifs spectroquant Test fer).

3. Résultats d'analyse

3.1. Analyses microbiologiques des eaux de lavage

3.1.1. Station en eau perdue (1 PHP & 1 CDC)

Les eaux qui arrivent dans les stations de Mantem 2 (PHP) et Mafanja 2 (CDC) contiennent des germes aérobies, des coliformes totaux et fécaux ainsi que des germes pathogènes et opportunistes (Tableau 18). Au cours du processus de lavage des fruits de banane, les concentrations en microorganismes varient selon que l'on soit dans le bac de dépaillage ou de trempage. Les coliformes totaux, les germes pathogènes et opportunistes représentent l'essentiel des bactéries rencontrées dans ces eaux. Les espèces isolées à Mantem 2 sont :

- (i) *Klebsiella pneumoniae* et *Pasteurella stuartii* à l'entrée de la station ;
- (ii) *Citrobacter freundii* et *Pseudomonas pseudomallei* dans les bacs de dépaillage ;
- (iii) *Aeromonas sobria* et *Pseudomonas luteola* dans les bacs de trempage.

Par contre, avant le début de l'opération de lavage à Mafanja 2 l'eau contient les espèces suivantes : *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas luteola*. Dans les bacs de dépaillage et de trempage après 5h d'utilisation ce sont (i) *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* et *Acinetobacter spp* ; puis (ii) *Staphylococcus aureus* et *Acinetobacter spp* qui ont été respectivement isolées. Finalement, la figure 9 montre une répartition des espèces isolées dans chacune des stations en eau perdue des plantations PHP et CDC au Cameroun.

Tableau 18 : Analyses bactériologiques des eaux de lavage en station non-recyclée (PHP & CDC-DMC)

	MANTEM 2 (PHP)			MAFANJA 2 (CDC – DMC)		
Paramètres	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Germes aérobies	++	++	++	++++	+++++	+++++
Coliformes totaux	+	+	0	+	+	0
Coliformes fécaux	+	+	0	+	+	0
Streptocoques fécaux	0	0	0	0	0	0
Sulfite réducteurs	0	0	0	0	0	0
Autres Germes pathogènes	0	0	+	+	+	++
Total Germes pathogènes	+	+	+	++	+	++
Total Germes opportunistes	+	+	++	+++	+++++	+++++

B1 : eau à l'entrée de la station ;

B2 : eau prélevée du bac de dépaillage après 5h d'utilisation ;

B3 : eau prélevée du bac de trempage après 5h d'utilisation

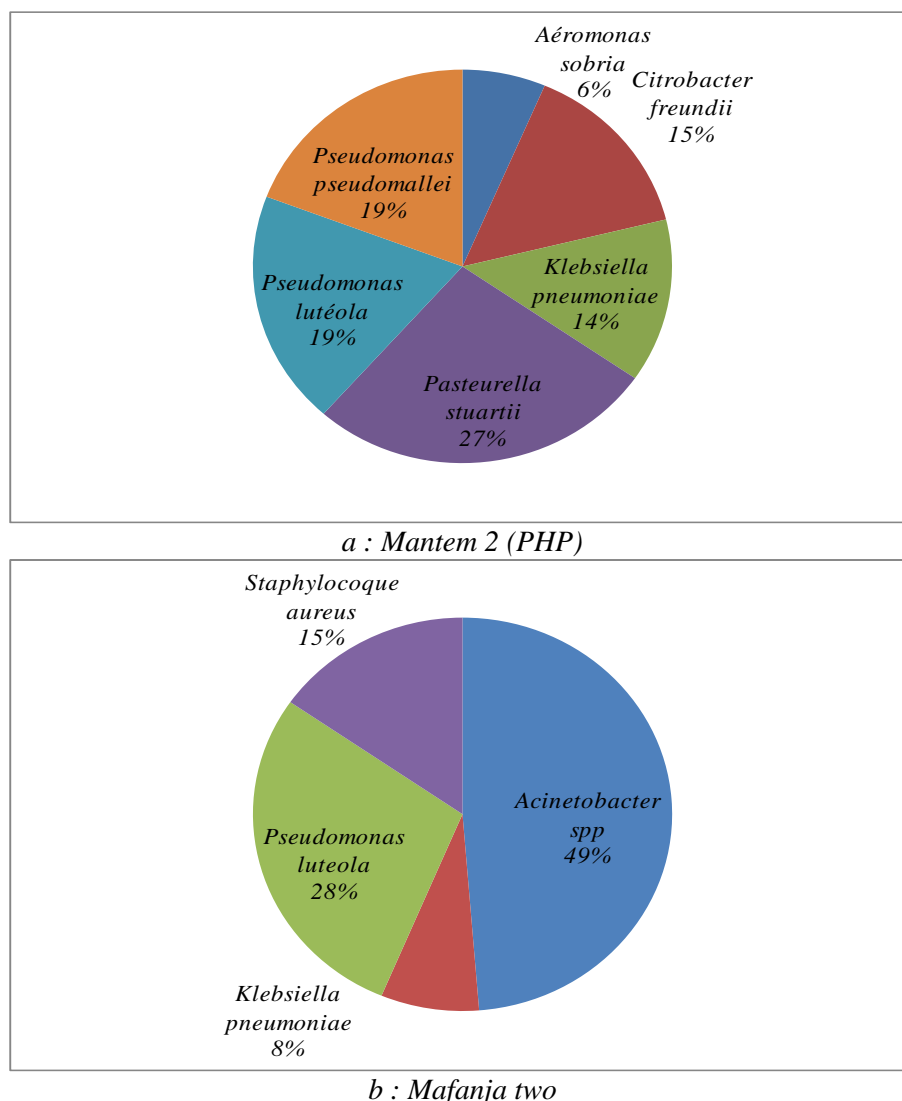


Figure 9 : Répartition des espèces isolées dans les stations d'emballage en eau perdue au Cameroun

3.1.2. Station en eau recyclée (2 SPM & 4 PHP)

3.1.2.1. Vidange journalière du bac de reprise : Douane & Siège

Comme à la PHP et à la CDC-DMC, les eaux qui arrivent dans les stations de la SPM (Douanes et Siège) contiennent également des germes aérobies, des coliformes totaux et fécaux ainsi que des germes pathogènes et opportunistes (Tableau 19). Leurs nombres varient selon le lieu et la période journalière de prélèvement de l'échantillon. En général, on observe une augmentation du nombre de microorganismes en fonction du temps (intervalle de 5h) ; ceci à partir du moment où l'eau entre à la station jusqu'à son rejet dans la nature. Toutefois, il n'existe aucune différence au niveau de la qualité bactériologique des eaux prélevées en mi-journée dans les bacs de trempage et de dépaillage dans la station Douanes. Les espèces isolées à Douanes sont présentées au tableau 20. Par contre à la station Siège, les qualités bactériologiques et les espèces isolées diffèrent selon les bacs après 5h de recyclage. Dans les bacs de dépaillage, on retrouve *Acinetobacter spp*, *Staphylocoque aureus* et *Pseudomonas luteola*, alors que *Pseudomonas aeruginosa* et *Pasteurella stuartii* constituent l'essentiel des espèces isolées dans les bacs de trempage (Tableau 21). Toutefois, dans les deux stations de conditionnement de la SPM, les eaux utilisées sont de qualités bactériologiques non conformes aux critères microbiologiques testés pour les eaux de process. La figure 10 présente la répartition des espèces isolées dans les stations dont la fréquence de vidange des bacs de reprise est journalière.

Tableau 19 : Evolution de critères bactériologiques étudiés en station recyclée dont la fréquence de vidange est journalière à la SPM

Paramètres	A1 (entrée)		A2 (bac dépaillage)		A3 (bac trempage)		A4 (rejet)	
	Douanes	Siège	Douanes	Siège	Douanes	Siège	Douanes	Siège
Germes aérobies	++++	++++	++++	+++++	++++	+++++	++++	+++++
Coliformes totaux	++	++	++	0	++	++	++	++
Coliformes fécaux	++	++	++	0	++	++	++	++
Streptocoques fécaux	0	0	0	0	0	0	+	0
Sulfite réducteurs	0	0	0	0	0	0	0	0
Autres germes pathogènes	0	0	0	+	0	0	0	0
Total germes pathogènes	++	++	++	+	++	++	++	++
Total germes opportunistes	++	+++	+++	++++	+++	+++	++	++++

Tableau 20 : Espèces bactériologiques isolées des échantillons provenant de la station Douanes

Paramètres	A1 (entrée)	A2 (dépaillage)	A3 (trempage)	A4 (rejet)
Coliformes totaux	<i>Enterobacter cloacae</i>	<i>Enterobacter cloacae</i>	<i>Enterobacter cloacae</i>	<i>Enterobacter cloacae</i>
Streptocoques fécaux				<i>Streptocoque D</i>
Total germes opportunistes	<i>Pasteurella stuartii</i>	<i>Pseudomonas luteola</i>	<i>Pseudomonas luteola</i>	<i>Acinetobacter spp</i>

Tableau 21 : Espèces bactériologiques isolées des échantillons provenant de la station Siège

Paramètres	A1 (entrée)	A2 (dépaillage)	A3 (trempage)	A4 (rejet)
Germes aérobies		<i>Acinetobacter spp</i>		
Coliformes totaux	<i>Erwinia spp</i>		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Enterobacter cloacae</i>
Autres germes pathogènes		<i>Staphylocoque aureus</i>		
Total germes opportunistes	<i>Acinetobacter spp</i>	<i>Pseudomonas luteola</i>	<i>Pasteurella stuartii</i>	<i>Acinetobacter spp</i>

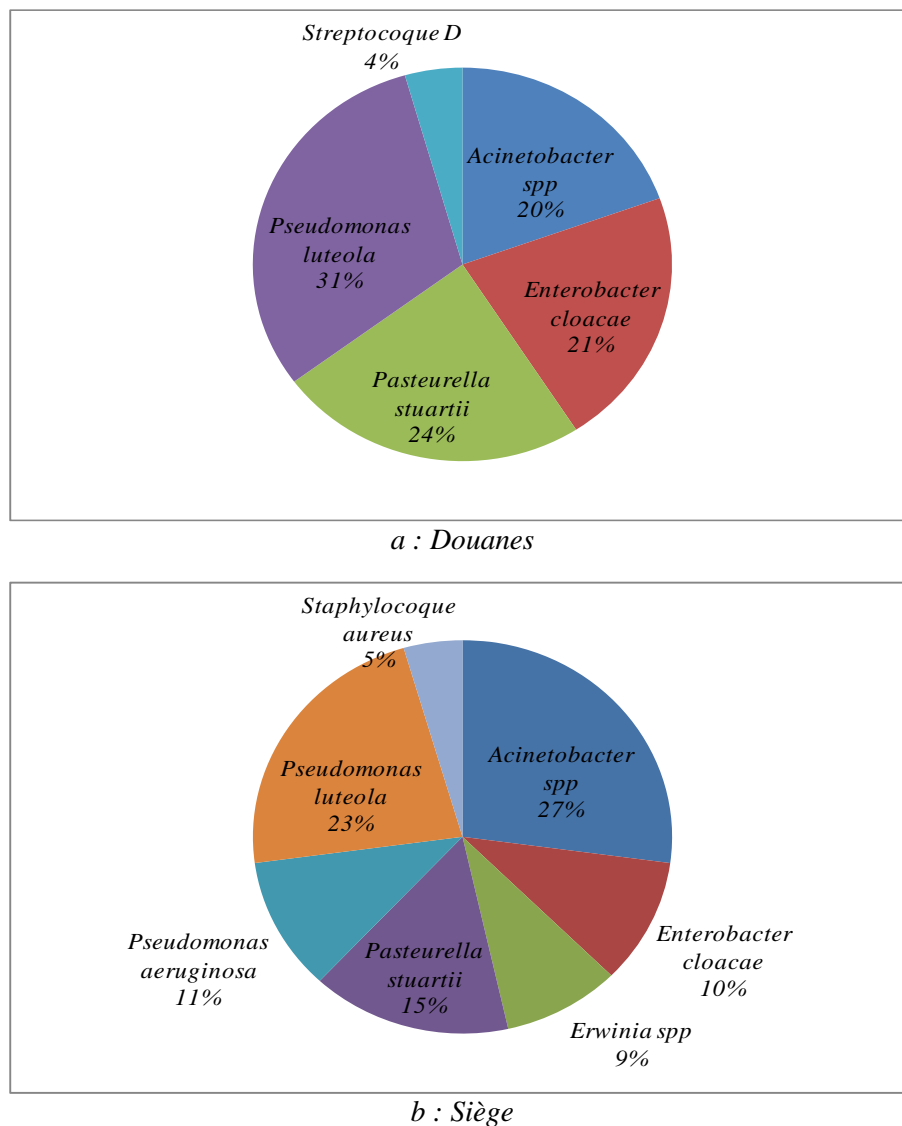


Figure 10 : Répartition des espèces isolées dans les stations dont la fréquence de vidange est journalière

3.1.2.2. Vidange bihebdomadaire du bac de reprise : Njombé palmeraie & Djoungo

Bien que l'eau qui entre à la station d'emballage Djoungo ait été testée négative à la plupart des paramètres microbiologiques pris en compte dans le cadre de cette étude, les espèces suivantes y ont été isolées : *Pseudomonas* (coliformes totaux), *Staphylocoque aureus* (germes pathogènes) et *Acinetobacter spp* (germes opportunistes). Par contre, après 5h de recyclage, les eaux collectées dans les bacs de dépaillage et de trempage contiennent un nombre de microorganismes largement au dessus du seuil des standards des critères testés qui concernent les eaux de process.

A la station Njombé Palmeraie, l'eau qui y entre contient très peu de germes qui varient en nombre et en genre d'espèces isolées au cours du recyclage (Tableau 22). Toutefois, plusieurs espèces ont été isolées dans ces 2 stations de la PHP au cours de la période de recyclage. *Staphylococcus aureus* et *Acinetobacter spp* semblent être les espèces dominantes et résistantes car elles sont présentes pendant tout le processus de recyclage malgré l'ajout des substances de désinfection (Tableaux 23 & 24). Par ailleurs, la figure 11 présente une répartition des espèces de microorganismes qui ont été isolées des eaux prélevées sur les stations de conditionnement de Djoungo et Njombé palmeraie.

En général, malgré l'utilisation des produits destinés à l'assainissement ou l'amélioration de la qualité des eaux, le nombre et le type de germes augmentent considérablement au cours du recyclage dans ces deux stations dont la vidange du bac de décantation est bihebdomadaire. En effet, l'hypochlorite de calcium est régulièrement utilisé en quantité très variable dans ces stations d'emballage de la PHP pour le traitement ou la désinfection des eaux de lavage dans les bacs de soins aux fruits et de recyclage. Une quantité importante de cette substance est très souvent déversée dans le bac de reprise pendant son remplissage après une vidange. La relative diminution des germes dans les différents bacs serait certainement la conséquence de l'ajout entre 1 et 3 fois par jour de quantités relativement faibles d'hypochlorite qui dégage du chlore actif au contact de l'eau permettant d'éliminer les bactéries et la matière organique. Selon la réglementation mise en place en 2004 à la PHP, sa concentration doit être de 20 g/m³ d'eau. Malgré l'utilisation de cette substance pour la désinfection, l'eau de lavage des fruits dans ces deux stations de la PHP est de qualité bactériologique non conforme aux critères microbiologiques testés dans le cadre de cette étude.

Tableau 22 : Evolution des critères bactériologiques des eaux provenant des stations en eau recyclée dont la fréquence de vidange est bihebdomadaire (PHP)

	A1 (entrée)		A2 (B. dépaillage)		A3 (B. trempage)		A4 (recyclage 1j)		A5 (recyclage 2j)		A6 (recyclage 3j)	
Paramètres (N/100ml)	Djo	Pal	Djo	Pal	Djo	Pal	Djo	Pal	Djo	Pal	Djo	Pal
Germes aérobies	++	+++	+++++	+++++	+++++	+++	+++	+++++	+++	+++++	+++++	+++++
Coliformes totaux	0	0	0	0	+	+	+	+++	0	++	+	++
Coliformes fécaux	0	0	0	0	+	0	+	0	0	0	+	++
Streptocoques fécaux	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sulfito réducteurs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Autres Germes pathogènes	0	0	+	++	+	+	+	+	+	+++	+	+++
Total Germes pathogènes	0	0	+	++	++	++	++	+++	+	+++++	+	++++
Total Germes opportunistes	++	+++	++++	++++	+++	++	++	++++	+++	+++	++++	+++

B. : bac ;

j : jour ;

Djo : Station Djoungo ;

Pal : Station Njombé palmeraie

Tableau 23 : Espèces bactériologiques isolées des échantillons provenant de la station Djoungo : vidange bihebdomadaire (PHP)

Paramètres (N/100ml)	A1 (entrée)	A2 (dépattage)	A3 (trempage)	A4 (R1j)	A5 (R2j)	A6 (R3j)
Coliformes totaux	<i>Pseudomonas lutéola</i>		<i>Enterobacter cloacae</i>	<i>Enterobacter cloacae</i>		<i>Enterobacter cloacae</i>
Autres Germes pathogènes		<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
Total Germes opportunistes		<i>Acinetobacter spp</i>	<i>Acinetobacter spp</i>	<i>Acinetobacter spp</i>	<i>Acinetobacter spp</i>	<i>Pasteurella stuartii</i>

Tableau 24 : Espèces bactériologiques isolées des échantillons provenant de la station Njombé Palmeraie : vidange bihebdomadaire (PHP)

Paramètres (N/100ml)	A1 (entrée)	A2 (dépattage)	A3 (trempage)	A4 (R1j)	A5 (R2j)	A6 (R3j)
Coliformes totaux			<i>Proteus vulgaris</i>	<i>Proteus vulgaris</i>	<i>Proteus vulgaris</i>	<i>Pseudomonas</i>
Autres Germes pathogènes		<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
Total Germes pathogènes		<i>Aeromonas sobria</i>				
Total Germes opportunistes	<i>Acinetobacter spp</i>	<i>Acinetobacter spp</i>	<i>Acinetobacter spp</i>	<i>Pseudomonas luteola</i>	<i>Acinetobacter spp</i>	<i>Acinetobacter spp</i>

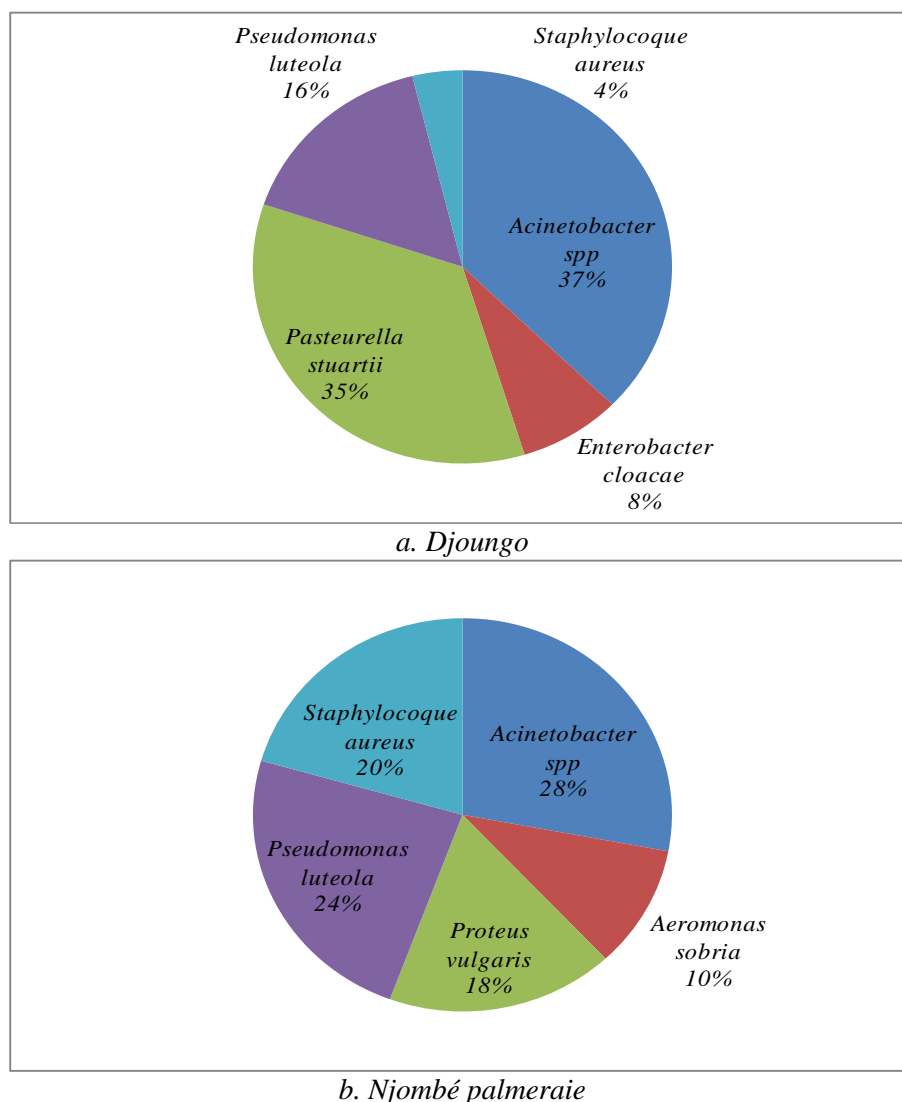


Figure 11 : Répartition des espèces isolées dans les stations dont la fréquence de vidange est bihebdomadaire (PHP)

3.1.2.3. Vidange hebdomadaire du bac de reprise : Mpoula 1 & PHP Bas

Les cours d'eau *Mpoula* et *Moataba* qui approvisionnent les stations de Mpoula 1 et PHP Bas contiennent des germes aérobies, pathogènes et opportunistes à des seuils très largement supérieurs aux standards. Après cinq heures de recyclage de l'eau contenant de l'hypochlorite de calcium pour la désinfection à concentrations variables, on observe en fonction de la station d'emballage et du bac de soins aux fruits une variation (diminution ou augmentation) considérable du nombre et type de microorganismes ainsi que des espèces isolées.

Au vue des résultats présentés au tableau 25, il s'avère que l'utilisation (ou l'ajout quotidien) de la substance de désinfection joue un rôle non négligeable sur certaines bactéries après le premier jour de recyclage puis que le nombre de germes diminue véritablement. Toutefois, le recyclage provoque en général une augmentation du nombre d'espèces de bactéries isolées (Tableau 26 & 27).

Par ailleurs, plusieurs espèces dont : *Citrobacter freundii*, *Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter cloacae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas luteola*, *Citrobacter freundii*, *Providencia stuartii*, *Streptococque D*, *Staphylococcus aureus*, *Aeromonas sobria*, *Aeromonas hydrophilia*, *Aeromonas salmonicida*, *Pseudomonas luteola* et *Acinetobacter spp* constituent l'essentiel des espèces retrouvées dans les eaux provenant des deux stations d'emballage (figure 12).

Tableau 25 : Evolution de quelques critères bactériologiques en station recyclée dont la fréquence de vidange est hebdomadaire (PHP)

Paramètres (N/100ml)	Station	A1	A2	A3 (*)	A4	A5	A6	A7
Germes aérobies	PHP BAS	++++	++++	+++++	+++++	++++	++++	++++
	MPOULA 1	+	+++++	++++	+++++	+++++	+++	+++
Coliformes totaux	PHP BAS	+	0	++	0	0	++	0
	MPOULA 1	+	++	++++	0	++	++	+
Coliformes fécaux	PHP BAS	+	0	++	0	0	++	0
	MPOULA 1	+	++	++++	0	++	++	+
Streptocoques fécaux	PHP BAS	0	0	0	0	0	+	++
	MPOULA 1	0	0	0	0	0	0	0
Sulfite réducteurs	PHP BAS	0	0	0	0	0	0	0
	MPOULA 1	0	0	0	0	0	0	0
Autres Germes pathogènes	PHP BAS	0	0	+	++	++	+	0
	MPOULA 1	0	+	0	++	0	+	0
Total Germes pathogènes	PHP BAS	+	0	+++	++	++	+++	++
	MPOULA 1	+	++	++++	++	++	++	+
Total Germes opportunistes	PHP BAS	++++	++++	+++	++++	+++	+	+++
	MPOULA 1	0	+++	0	++++	+++	+	++

A1 : entrée de la station ; A2 : sortie bac de dépaillage ; A3 : sortie bac de trempage ;

(*) : A3 de PHP Bas sont des échantillons collectés dans le bac de recyclage ;

A4 : après 1 journée de recyclage ; A5 : après 2 journées de recyclage ;

A6 : après 4 journées de recyclage ; A7 : après 6 journées de recyclage

Tableau 26 : Espèces bactériologiques isolées des échantillons provenant de PHP Bas

Paramètres (N/100ml)	A1 (entrée)	A2 (dépaillage)	A3 (trempage)	A4 (R1j)	A5 (R2j)	A6 (R4j)	A7 (R6j)
Germes aérobies		<i>Pseudomonas luteola</i> et <i>Staphylocoque non pathogène</i>					
Coliformes totaux	<i>Citrobacter freundii</i>					<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	
Coliformes fécaux			<i>Citrobacter freundii</i>				
Streptocoques fécaux						<i>Streptocoque D</i>	
Autres Germes pathogènes			<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Aeromonas hydrophilia</i>	<i>Aeromonas salmonicida</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	
Total Germes opportunistes	<i>Acinetobacter spp</i>		<i>Acinetobacter spp</i>	<i>Pseudomonas luteola</i>	<i>Acinetobacter spp</i>	<i>Acinetobacter spp</i>	<i>Pseudomonas luteola</i>

A1 : entrée de la station ; A2 : sortie bac de dépaillage ; A3 : sortie bac de recyclage ;

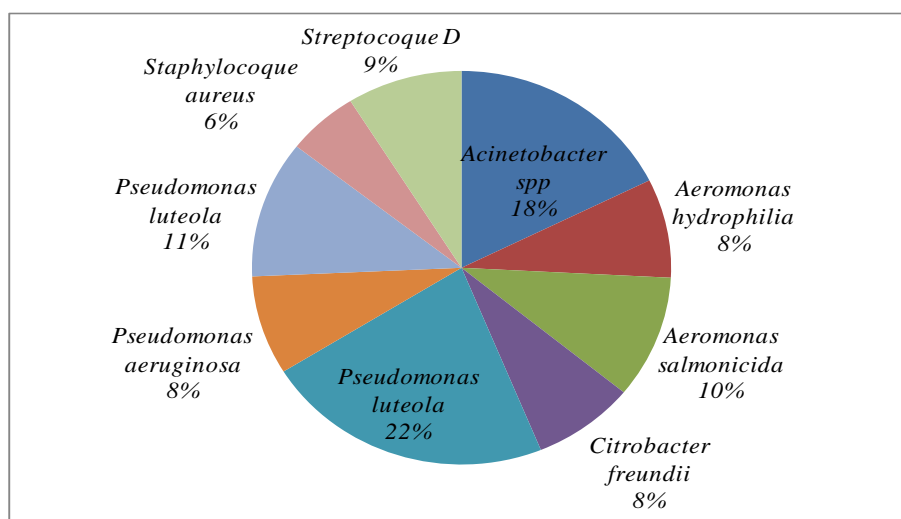
A4 : après 1 journée de recyclage ; A5 : après 2 journées de recyclage ;

A6 : après 4 journées de recyclage ; A7 : après 6 journées de recyclage

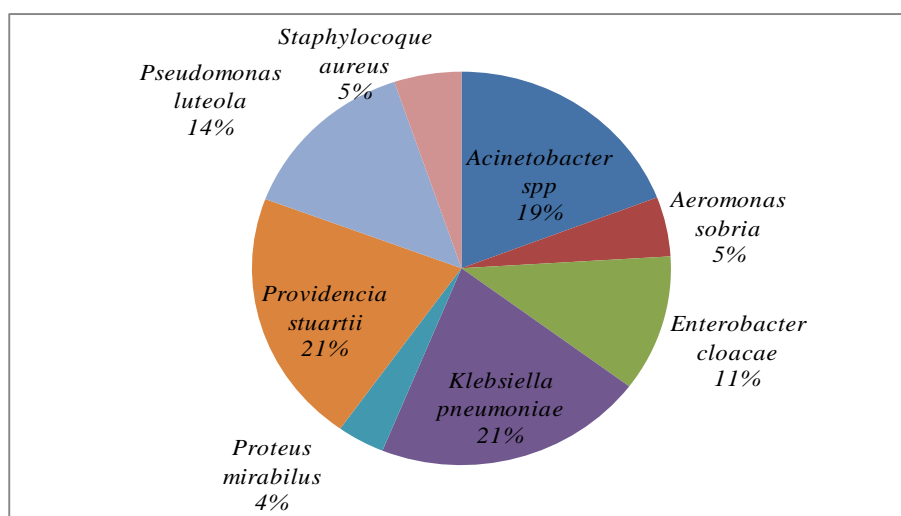
Tableau 27 : Espèces bactériologiques isolées des échantillons provenant de Mpoula 1

Paramètres (N/100ml)	A1 (entrée)	A2 (dépattage)	A3 (trempage)	A4 (R1j)	A5 (R2j)	A6 (R4j)	A7 (R6j)
Coliformes totaux	<i>Proteus mirabilis</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>		<i>Enterobacter cloacae</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
Coliformes fécaux			<i>Providencia stuartii</i>				
Autres Germes pathogènes		<i>Staphylococcus aureus</i>		<i>Staphylococcus aureus</i>		<i>Staphylococcus aureus</i>	
Total Germes pathogènes				<i>Aeromonas sobria</i>			
Total Germes opportunistes		<i>Acinetobacter spp</i>		<i>Pseudomonas luteola</i> et <i>Acinetobacter spp</i>	<i>Acinetobacter spp</i>	<i>Pseudomonas luteola</i>	<i>Pseudomonas luteola</i>

A1 : entrée de la station ; A2 : sortie bac de dépattage ; A3 : sortie bac de trempage ;
A4 : après 1 journée de recyclage ; A5 : après 2 journées de recyclage ;
A6 : après 4 journées de recyclage ; A7 : après 6 journées de recyclage



a. PHP bas



b. Mpoula 1

Figure 12 : Répartition des espèces isolées dans les stations dont la fréquence de vidange est hebdomadaire (PHP)

3.2. Caractérisation physicochimique des eaux de lavage

En ce qui concerne les analyses physico-chimiques, si de nombreux paramètres ont été ciblés avant l'étude, il s'est avéré, face à certaines incohérences, que seuls certains d'entre eux devaient être examinés et analysés. Ainsi, nous ne discuterons pas ici les valeurs de DBO et serons prudents quant à l'interprétation des concentrations en matières en suspension (MES) mesurées, la méthode n'en permettant pas une mesure précise.

3.2.1. Station en eau perdue (1 PHP & 1 CDC-DMC)

Dans les stations Mantem 2 et Mafanja 2 le pH de l'eau de lavage n'est pas neutre (pH>7). La turbidité est généralement plus élevée dans le bac de dépattage que dans le bac de trempage probablement à cause des grandes quantités de sève qui s'écoulent des mains de banane (Tableau 28). Les concentrations en demandes chimiques en oxygène sont comprises entre 68 – 205 ml/l, le bac de trempage de Mafanja two présentant les valeurs les plus élevées. La DCO représente tout ce qui peut être oxydé par voie chimique, en particulier les sels minéraux oxydables et la majeure partie des composés organiques, biodégradables ou pas.

Les concentrations des matières en suspension des eaux des 2 stations sont très faibles, ce qui traduit une part faible de la pollution particulaire. Les teneurs en fer et aluminium d'une part, et d'autre part en nitrates et nitrites sont largement inférieures aux limites maximales des eaux de process. Ces 2 paramètres permettent d'avoir une idée de la concentration en azote de l'effluent qui est chargé de latex et donc riche en protéines.

Tous les paramètres analysés varient considérablement sur la journée et dans les bacs de soins aux fruits. Toutefois, les eaux utilisées dans les deux stations d'emballage en eau perdue sont de qualité physicochimique très acceptable conformément aux critères testés dans le cadre de cette étude.

Tableau 28 : Critères physicochimiques des eaux de lavage en station non-recyclée (PHP et CDC-DMC)

Paramètres	MANTEM 2 (PHP)			MAFANJA TWO (CDC)		
	B1 (entrée)	B2 (B. D)	B3 (B. T)	B1 (entrée)	B2 (B. D)	B3 (B. T)
DCO (mg/l)	189,000	176,000	68,000	146,000	90,000	205,000
pH	7,50	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Turbidité (FTU/NTU)	2	6	3	6,5	14	11
MES (mg/l)	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	100,0
Aluminium (mg/l)	0,0008	0,0000	0,0010	0,0282	0,0181	0,0110
Nitrates (mg/l)	0,4000	0,0000	0,3000	0,6000	0,2000	0,3000
Nitrites (mg/l)	0,0115	0,0212	0,0567	0,0000	0,0357	0,0056
Fer (mg/l)	0,3200	0,3700	0,4400	0,0900	0,1100	0,0600

B. D : bac de dépattage
B. T : bac de trempage

3.2.2. Station en eau recyclée (2 SPM & 4 PHP)

3.2.2.1. Vidange journalière du bac de reprise : Douanes & Siège

Que ce soit avant le début du processus de lavage des fruits, après 5h d'utilisation de l'eau recyclée dans les bacs de dépaquetage et de trempage, ou encore en fin de journée lors du rejet dans la nature, les eaux des deux stations de la SPM ont toujours un pH neutre qui ne varie pas. Par ailleurs, tous les autres paramètres évalués ont des teneurs ou des concentrations largement inférieures au seuil maximal des eaux de process (eau utilisée dans les entreprises agro-alimentaires) sauf la turbidité et l'aluminium qui atteignent les valeurs maximales (30,5 FTU et 9 FTU) respectivement dans le bac de trempage à la station Siège et lors de la vidange du bac de décantation de la station Douanes (Tableau 29).

Le recyclage qui n'a aucun effet sur le pH de l'eau, provoque une augmentation notable de la demande chimique en oxygène dans les deux stations. Il entraîne une variation considérable des concentrations de la plupart des critères physicochimiques étudiés. L'augmentation ou la diminution des teneurs peut aller du simple au double ou du simple à la moitié. Le phénomène de recyclage journalier entraînerait donc une augmentation de la pollution organique totale.

Tableau 29 : Evolution de quelques critères physicochimiques en station recyclée dont la fréquence de vidange du bac de reprise est journalière (SPM)

Paramètres	A1 (début)		A2 (B. D)		A3 (B. T)		A4 (R. N)	
	SI	DO	SI	DO	SI	DO	SI	DO
DCO (mg/l)	5,000	5,000	27,000	10,000	30,000	18,000	30,000	15,000
pH	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Turbidité (FTU/NTU)	2	3	11,5	7	30,5	6	7,5	9
MES (mg/l)	0,0	0,0	200,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
Aluminium (mg/l)	0,009	0,018	0,227	0,296	0,291	0,400	0,140	0,481
Nitrates (mg/l)	0,500	0,000	3,929	0,300	5,127	0,700	0,800	0,000
Nitrites (mg/l)	0,000	0,000	0,005	0,000	0,017	0,000	0,000	0,000
Acier (mg/l)	0,000	0,160	0,010	0,250	0,130	0,200	0,200	0,290

B. D : bac de dépaquetage ; B. T : bac de trempage ;

R. N : rejet dans la nature ;

SI : station Siège ;

DO : Station Douanes

3.2.2.2. Vidange bihebdomadaire du bac de reprise : Njombé Palmeraie & Djoungo

Après 5h d'utilisation de l'eau recyclée, un jour, deux et trois jours de recyclage, on observe une augmentation exponentielle de la demande chimique en oxygène (DCO) qui dépasse très souvent la limite maximale qui est de 200mg/l ; traduisant ainsi la pollution organique totale de l'eau de lavage. Il en est de même pour les nitrites qui dépassent largement le seuil maximal (0,1 mg/l) au cours du recyclage et atteignent jusqu'à 0,652mg/l au terme du 1^{er} jour avant de décroître légèrement au 3^{ème} jour à 0,466mg/l. Par ailleurs, pendant les 3 jours de recyclage on observe plutôt un phénomène de diminution des teneurs en nitrates et en fer ; les autres paramètres variant en dents-de-scie pendant cette période (Tableau 30).

3.2.2.3. Vidange hebdomadaire du bac de reprise : Mpoula 1 & PHP Bas

Les concentrations de la plupart des paramètres physicochimiques étudiés varient considérablement en fonction du lieu de prélèvement au cours de la première journée de recyclage dans ces 2 stations d'emballage contrairement au pH qui varie très peu (ou pas) au cours du temps (Tableau 31). Le recyclage hebdomadaire provoque une augmentation de la demande chimique en oxygène (DCO), des concentrations en nitrates et de la turbidité de l'eau. Par contre, il entraîne une diminution des teneurs en aluminium, fer et nitrites.

Tableau 30 : Evolution des critères physicochimiques en station recyclée dont la fréquence de vidange est bihebdomadaire (PHP)

	A1 (entrée)		A2 (B. D)		A3 (B. T)		A4 (R1J)		A5 (R2J)		A6 (R3J)	
Paramètres	Djo	Pal	Djo	Pal	Djo	Pal	Djo	Pal	Djo	Pal	Djo	Pal
DCO (mg/l)	30,00	20,00	358,00	80,00	101,00	141,00	199,00	45,00	182,00	191,00	304,00	437,00
pH	7,00	8,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	6,50
Turbidité (FTU/NTU)	0,5	5	7,5	6	3	7	3	6,5	8	8	4,5	6
MES (mg/l)	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	100,0	100,0
Aluminium (mg/l)	0,000	0,143	0,012	0,361	0,030	0,052	0,015	0,379	0,038	0,153	0,093	0,196
Nitrates (mg/l)	0,600	0,400	0,000	0,200	0,200	1,200	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Nitrites (mg/l)	0,000	0,005	0,185	0,126	0,221	0,756	0,114	0,652	0,394	0,505	0,496	0,466
Acier (mg/l)	0,280	0,090	0,170	0,200	0,140	0,060	0,000	0,090	0,100	0,060	0,000	0,000

*Djo : Station Djoungo ; Pal : Station Njombe palmeraie,
B. D : bac de dépaillage ; B. T : bac de trempage ;
R1J : recyclage pendant un jour ;
R2J : recyclage pendant deux jours ;
R3J : recyclage pendant trois jours*

Tableau 31 : Evolution de critères physicochimiques en station recyclée dont la fréquence de vidange est hebdomadaire (PHP)

Paramètres	Station	A1 (entrée)	A2 (B. D)	A3 (B. T)	A4 (R1J)	A5 (R2J)	A6 (R4J)	A7 (R6J)
DCO (mg/l)	PHP BAS	4,000	7,000	18,000	30,000	30,000	18,000	35,000
	MPOULA 1	4,000	10,000	10,000	18,000	30,000	25,000	30,000
pH	PHP BAS	7,50	7,00	7,00	6,00	7,00	7,00	7,00
	MPOULA 1	7,50	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Turbidité (FTU/NTU)	PHP BAS	2	16	13	8	11	12,5	18
	MPOULA 1	0,5	4,5	6	9	9	13	16
MES (mg/l)	PHP BAS	0,0	200,0	200,0	200,0	100,0	0,0	200,0
	MPOULA 1	0,0	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0	100,0
Aluminium (mg/l)	PHP BAS	0,0000	0,6596	1,2187	0,8476	0,2701	0,1423	0,2485
	MPOULA 1	0,0300	0,0500	0,0231	0,0978	0,1597	0,2603	0,0755
Nitrates (mg/l)	PHP BAS	2,7641	8,3147	7,8765	9,1574	0,8000	0,5000	16,9480
	MPOULA 1	4,2135	5,8352	6,4345	6,4607	0,5000	6,8203	7,3708
Nitrites (mg/l)	PHP BAS	0,010	0,1403	0,101	0,0972	0,0000	0,0000	0,0000
	MPOULA 1	0,033	0,081	0,121	0,1999	0,0045	0,0237	0,0337
Fer (mg/l)	PHP BAS	0,3048	1,0162	2,4624	3,3185	0,1000	0,1000	0,1600
	MPOULA 1	0,2657	2,0559	1,2038	1,7471	0,2000	0,1000	0,1300

B. D : bac de dépaillage ;

B. T : bac de trempage ;

R1J : recyclage pendant un jour ;

R2J : recyclage pendant deux jours ;

R4J : recyclage pendant quatre jours ;

R6J : recyclage pendant six jours

2.4.2. Propositions

A la suite de la visite de la mission d'expertise sur les différentes stations, il nous a semblé que les propositions d'amélioration sur les différentes stations pouvaient se décomposer en deux étapes :

- des améliorations pouvant être mises en place rapidement à court terme,
- des suggestions pour la mise en place d'une filière de traitement des effluents (eaux et bouillies fongicides) qui permette de (i) améliorer la qualité microbiologique des eaux utilisées ; (ii) effectuer un recyclage continu le plus long possible pour économiser la ressource en eau (limiter les prélèvements sur le milieu, économies de pompage) ; (iii) ne pas rejeter des eaux polluées (pollution biologique et chimique) dans l'environnement ; (iv) proposer des méthodes analytiques rapides d'analyses des eaux.

A. Améliorations à court terme

1. Recommandations générales pour la plupart des stations

Un certain nombre de pratiques ont été observées sur pratiquement toutes les stations visitées et peuvent faire l'objet d'une recommandation générale. Nous les détaillons donc ici généralement, sachant qu'elles doivent donc s'appliquer à presque toutes les stations.

a. Ne pas rejeter de bouillies fongicides dans les eaux recyclées ou dans les eaux rejetées

Dans la grande majorité des stations visitées, nous avons pu observer que les bouillies fongicides peuvent se retrouver dans le circuit d'eau, qu'elle soit recyclée ou rejetée directement (planche 1). Cette pollution des eaux vient principalement du fait que (i) soit il n'y a pas de collecte des bouillies qui sont déversées directement dans les canaux de recyclage ou de rejet ; (ii) soit la collecte mise en place est inefficace (collecteurs inefficaces, débordement des récipients).

Recommandations :

- Mettre en place un système de collecte des bouillies qui soit efficace. Pour se faire, le système de collecte doit permettre de récupérer **toutes** les bouillies qui ruissèlent des plateaux après le traitement fongicide. Cette collecte peut se faire dans des **tôles plus larges que la zone d'écoulement** qui vont conduire la bouillie vers un **récipient de forte contenance** pouvant permettre de collecter les bouillies au moins sur une base hebdomadaire. Pour la récupération des bouillies appliquées sur les plateaux, il faut que cette collecte se fasse sans l'intervention des ouvriers de la station de conditionnement et soit donc automatisée, et surtout qu'elle permette la récupération de toutes les bouillies utilisées. Pour la collecte des bouillies présentes dans les cuvettes de trempage, la collecte est plus aisée et doit se faire dans une cuve prévue à cet effet.
- Mettre en place un système d'élimination des bouillies par des procédés existants (phytobacs, cartouches de charbon actif) ou innovants (cf recommandations à long terme)

Planche 1. Contamination des eaux collectées par les fongicides

Absence de collecte des bouillies



Photo 27 : Les bouillies pulvérisées ruissellent et repartent dans le circuit de collecte d'eau



Photo 28 : Cuvette de trempage : les bouillies sont déversées dans le collecteur

Collecte inefficace des bouillies



Photo 29 : Les bouillies débordent les collecteurs et les récipients de collecte



Photo 30 : Les bouillies finissent par rejoindre le collecteur d'eau pour le recyclage

b. Protéger les canalisations et les bacs de récupération des eaux recyclées

Dans toutes les stations visitées, les canalisations et les bacs qui permettent la récupération des eaux pour le recyclage sont très fortement exposées à la contamination (planche 2). En général les collecteurs sont recouverts par une grille ou pas du tout. Les bacs de décantation ne sont pas protégés et il est fréquent d'y retrouver des débris végétaux (feuilles). Par ailleurs, tous les circuits de collecte et les bacs sont recouverts de mousse et d'algues, ce qui montre qu'il est difficile de les nettoyer.

Recommandations :

- Couvrir les canalisations et les bacs de décantation pour réduire les sources de contamination de l'eau
- Carreler les bacs de décantation et les canalisations pour la collecte des eaux afin de faciliter le nettoyage du circuit

c. Ne pas recycler en continu les eaux qui sont utilisées pour le transport de la BHS au dessus des bacs de dépattage et/ou de trempage

Dans certaines stations nous avons pu observer que l'eau utilisée pour éliminer les écarts de triage (BHS) du bac de dépattage était recyclée pendant une semaine sur un circuit indépendant de faible capacité (4m³). Cette eau est rapidement très sale comme sur la photo ci-dessous. Elle représente une source de contamination des autres eaux utilisées sur la station : éclaboussures au dessus du bac de dépattage et contamination par les mains des ouvriers.



Photo 31 : Eau du circuit de la BHS après 2 journées de travail : elle est très sale

Recommandations :

Utiliser la même eau pour l'élimination de la BHS que pour le lavage des fruits en station.

Planche 2. Exposition des collecteurs d'eau pour le recyclage

Forte exposition de l'eau à la contamination



Photo 32 : Les collecteurs sont fortement exposés à toute contamination extérieure. Dans cet exemple, la route passe au dessus du collecteur sans protection



Photo 33 : Toutes sortes de contaminants peuvent se retrouver dans les collecteurs comme ces feuilles

Nettoyage inefficace des collecteurs



Photo 34 & 35 : Les canalisations et les bacs de décantation sont en ciment qu'il est difficile de nettoyer comme en témoignent les algues et les mousses présentes sur les parois

d. Renforcer l'hygiène dans les stations de conditionnement

Un examen des flores bactériennes pathogènes (Streptocoques, Staphylocoques, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Aeromonas*, *Citrobacter*, *Proteus*, *Providencia*, *Pseudomonas aeruginosa*...), à l'exclusion de la flore bactérienne opportuniste (*Pseudomonas luteola*, *Acinetobacter*, *Pasteurella*) permet d'observer que cette flore pathogène est plus abondante dans les eaux collectées en station, et surtout moins diversifiée qu'à l'entrée en station (Tableau 32). C'est particulièrement le cas pour les Staphylocoques qui ne se retrouvent pratiquement jamais en entrée et sont souvent observés en station. C'est également le cas pour les bactéries du genre *Aeromonas* et *Pseudomonas aeruginosa*.

Tableau 32 : Synthèse de la flore bactérienne pathogène des eaux de lavage des 8 stations caractérisées

Station	Type de station	Total germes pathogènes en entrée de station (espèces isolées)	Germes pathogènes observés en station	Total des germes pathogènes sur le prélèvement le plus contaminé (emplacement)
Mafanja two	Eau perdue	52000 (<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>)	(<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>)	73000 (Bac de trempage)
Mantem 2	Eau perdue	21000 (<i>Klebsiella pneumoniae</i>)	(<i>Citrobacter freundii</i> , <i>Pseudomonas pseudomallei</i> , <i>Aeromonas sobria</i>)	23000 (Bac de dépaillage)
Douanes	Recyclage journalier	61000 (<i>Enterobacter cloacae</i>)	(<i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Streptocoque D</i>)	99000 (Rejet)
Siège	Recyclage journalier	72000 (<i>Erwinia</i> spp)	(<i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>)	87000 (Bac de trempage)
Djoungo	Recyclage bihedomadaire	0	(<i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>)	63000 (Bac de trempage)
Njombé palmeraie	Recyclage bihedomadaire	0	(<i>Aeromonas sobria</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Proteus vulgaris</i>)	217000 (Bac de recyclage/j+2)
Mpoula 1	Recyclage hedomadaire	27000 (<i>Proteus mirabilis</i>)	(<i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Aeromonas sobria</i> , <i>Providencia stuartii</i> ,)	153000 (Bac de trempage)
PHP bas	Recyclage hedomadaire	42000 (<i>Citrobacter freundii</i>)	(<i>Citrobacter freundii</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Streptocoque D</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Aeromonas salmonicida</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>)	124000 (Bac de lavage)

Ce simple constat met en évidence une contamination des eaux lors des différentes opérations se déroulant en station. Cette contamination paraît plus importante dans les stations qui ont un temps de recyclage long. L'apparition de germes pathogènes absents dans les eaux entrant dans les stations montre que cette contamination se fait certainement préférentiellement par les manipulations en station et doit donc inciter à renforcer les mesures d'hygiène. Nous avons pu observer que de telles mesures sont déjà en place dans plusieurs stations (vêtements de protection, fiches de visite,), mais ces mesures doivent incontestablement être renforcées.

Recommandations :

- Mettre en place un système de pédiluve à l'entrée en station. Pour cela, la zone de travail ne doit être accessible que par un seul point (ou quelques uns) sur le(s)quel(s) est situé le pédiluve. Toute personne entrant dans la zone de travail doit auparavant tremper ses pieds dans une solution javellisée du pédiluve. C'est notamment le cas lorsque les ouvriers rentrent le matin, se déplacent aux sanitaires, ou reviennent de leur pause déjeuner.
- Mettre en place un système de désinfection des mains et des bras (solutions hydroalcooliques)
- Améliorer la protection vestimentaire des ouvriers : lavage centralisé des tenues, échange régulier contrôlé par le chef de station. Meilleure protection des cheveux, port de masques, etc...
- Suivi médical régulier du personnel de station

2. Recommandations spécifiques par station

2.1. Cas des deux stations en eau perdue

2.1.1. Mantem 2 (PHP)

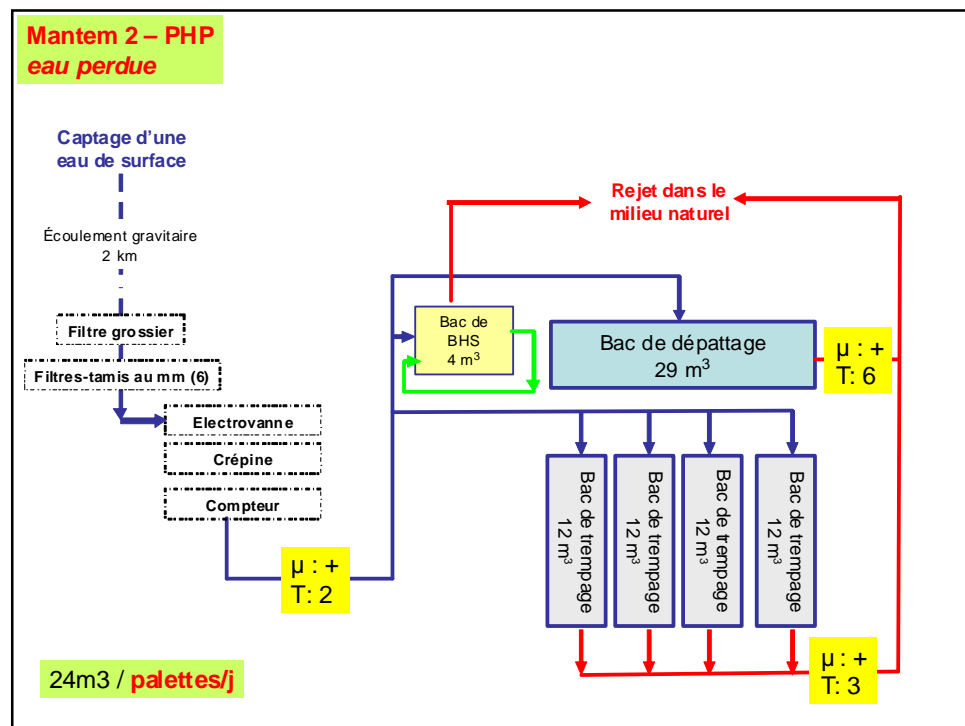


Figure 13 : Synthèse de quelques caractéristiques de Mantem 2 (PHP)

Dans le cas de cette station, la ressource en eau n'est pour l'instant pas limitée et abondante et c'est probablement la raison pour laquelle les quantités d'eau utilisées sont les plus fortes dans cette station que dans toutes les autres (24 m³/palette). Toutefois nous faisons les recommandations suivantes en plus des recommandations générales :

- Installer un système de chloration continue par pompe doseuse en entrée de cette station afin d'injecter dans le circuit de l'eau microbiologiquement propre, et ainsi éviter toute contamination accidentelle du circuit d'eau.
- Il est probablement possible de réduire les volumes d'eau utilisés qui sont actuellement trois fois plus importants que dans les autres stations en eau perdue (diminuer le débit d'entrée en station).
- Ne pas rejeter l'eau directement à la rivière tant qu'il n'y a pas de filière de traitement mise en place (pollution microbiologique et pollution par les fongicides).

2.1.2. Mafanja 2 (CDC)

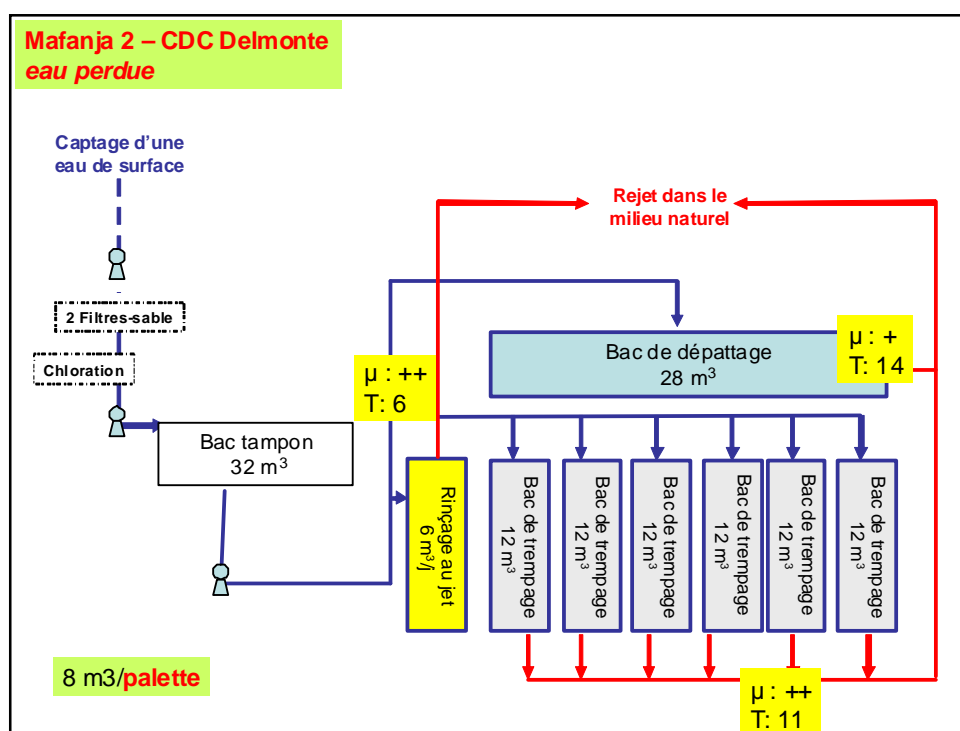


Figure 14 : Synthèse de quelques caractéristiques de Mafanja two (CDC)

Dans le cas de cette station, un certain nombre de bonnes pratiques ont été observées :

- en dépit du fait que l'eau n'est pas recyclée, la consommation d'eau reste maîtrisée (8 m³/palette),
- chloration de l'eau en entrée,
- récupération des bouillies fongicides.

Toutefois, si le niveau de chloration de l'eau en entrée était élevé, à la sortie des deux bacs il était nul car rapidement fixé par la matière organique. Ainsi, les populations bactériennes en sortie de bacs ne sont pas faibles. Il est ainsi conseillé de mettre en place un système de traitement des eaux avant leur rejet dans le milieu naturel (cf propositions à long terme). Par ailleurs, si les bouillies fongicides sont collectées, leur retraitement ne paraît pas optimal et est localisé trop près de la station. Ce point devrait être amélioré (cf propositions à long terme).



Photo 36 : Niveau de chlore élevé en entrée



Photo 37 : il n'y a plus de chlore en sortie des bacs

2.2. Cas des deux stations en recyclage journalier

2.2.1. Douanes (SPM)

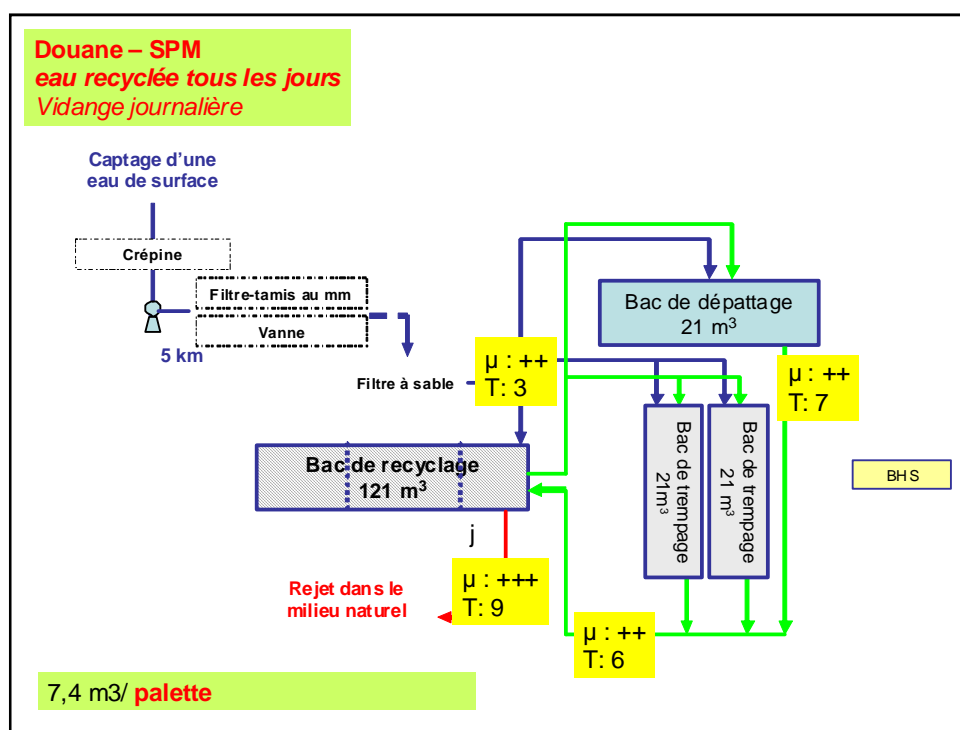


Figure 15 : Synthèse de quelques caractéristiques de Douanes (SPM)

En dehors des recommandations faites sur toutes les autres stations, sur celle-ci nous recommandons particulièrement :

- Installer un système de chloration continue par pompe doseuse en entrée de cette station afin d'injecter dans le circuit de l'eau microbiologiquement propre, et ainsi éviter toute contamination accidentelle du circuit d'eau,
- Laver les régimes avec de l'eau propre et pas avec l'eau qui est recyclée,
- Enfin, dans le cas de cette station, on peut s'interroger sur l'opportunité d'avoir un système de recyclage de l'eau. En effet, la consommation en eau est comparable à celle de la station de Mafanja 2 qui est en eau perdue. Cette consommation importante vient du fait que le volume du bac de recyclage est élevé (121 m³) et que le recyclage est journalier. Par ailleurs, dans sa configuration actuelle, le bac de décantation qui est pourtant bien dimensionné ne sert à rien.

Ainsi, nous recommandons :

- soit de ne pas recycler l'eau en restant sur un même volume d'eau utilisée à la journée (ratio de 8 m³/palette qui est possible cf Mafanja 2),
- soit de recycler l'eau sur un nombre de jours plus important pour permettre une réelle économie d'eau. Dans ce cas, il faut que la reprise dans le bac de décantation se fasse à la fin du bac et non pas dans le même compartiment où se fait le retour des eaux de station (photo ci-dessous). Le retour en station doit se faire à la fin de la phase de décantation et pas au début, dans le cas contraire (situation actuelle) le bac de décantation ne sert à rien et il vaudrait mieux ne pas recycler l'eau.



Photo 38 : Sur cette station, la reprise dans le bac de décantation (tuyau) se fait dans le même compartiment où les eaux de la station arrivent (écoulement à gauche)

2.2.2. Siège (SPM)

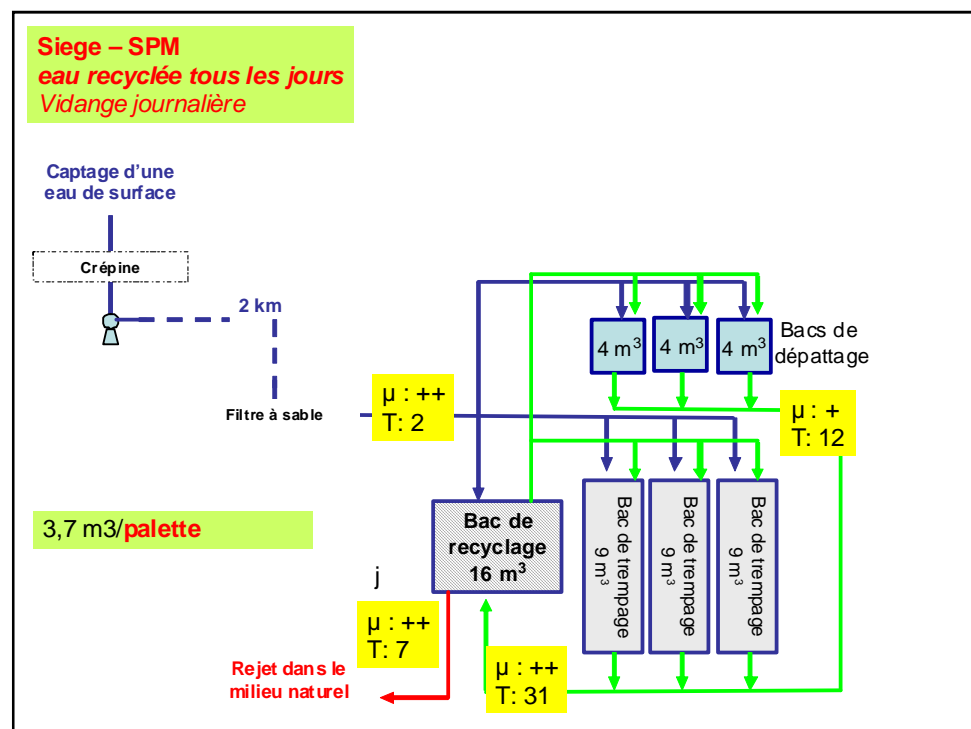


Figure 16 : Synthèse de quelques caractéristiques de Siège (SPM)

En dehors des recommandations faites sur toutes les autres stations, sur celle-ci nous recommandons particulièrement :

- d'installer un système de chloration continue par pompe doseuse en entrée de cette station afin d'injecter dans le circuit de l'eau microbiologiquement propre, et ainsi éviter toute contamination accidentelle du circuit d'eau,
- d'éliminer les déchets près de la station qui sont une source de contamination fongique importante (Photo 39),



Photo 39 : Les déchets sont déversés tout près de la station et constituent une source de contamination

- de laver les régimes avec de l'eau propre et pas avec l'eau qui est recyclée,
- de ne pas recycler l'eau dans cette station car le bac de recyclage, dans sa configuration actuelle (un seul compartiment de capacité réduite), ne permet pas de décanter l'eau. Il n'assure aucune fonction de décantation et sa taille n'est pas adéquate pour un traitement de l'eau.

2.3. Cas des deux stations en eau avec recyclage tous les 3 jours

2.3.1. Njombe palmeraie

En dehors des recommandations faites sur toutes les autres stations, sur celle-ci nous recommandons particulièrement :

- d'installer un système de chloration continue par pompe doseuse en entrée de cette station afin d'injecter dans le circuit de l'eau microbiologiquement propre, et ainsi éviter toute contamination accidentelle du circuit d'eau,
- de laver les régimes avec de l'eau propre et pas avec l'eau qui est recyclée,
- En attendant la mise en place d'une procédure de traitement biologique des eaux, il pourrait être envisagé de réduire le cycle d'utilisation de l'eau.

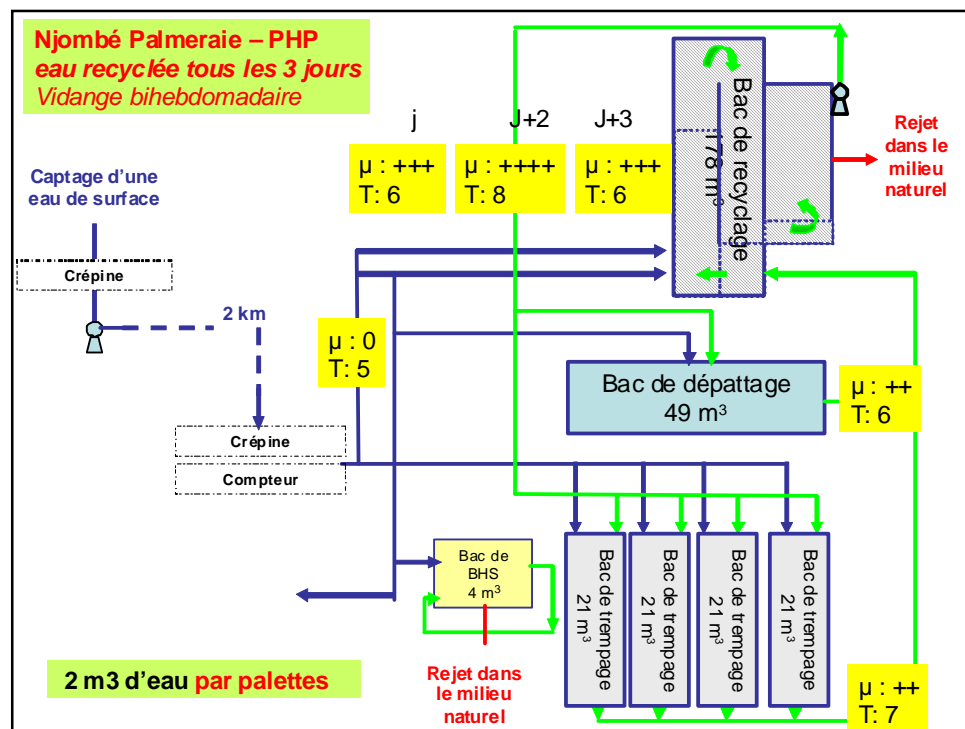


Figure 17 : Synthèse de quelques caractéristiques de Njombé palmeraie (PHP)

2.3.2. Djoungo

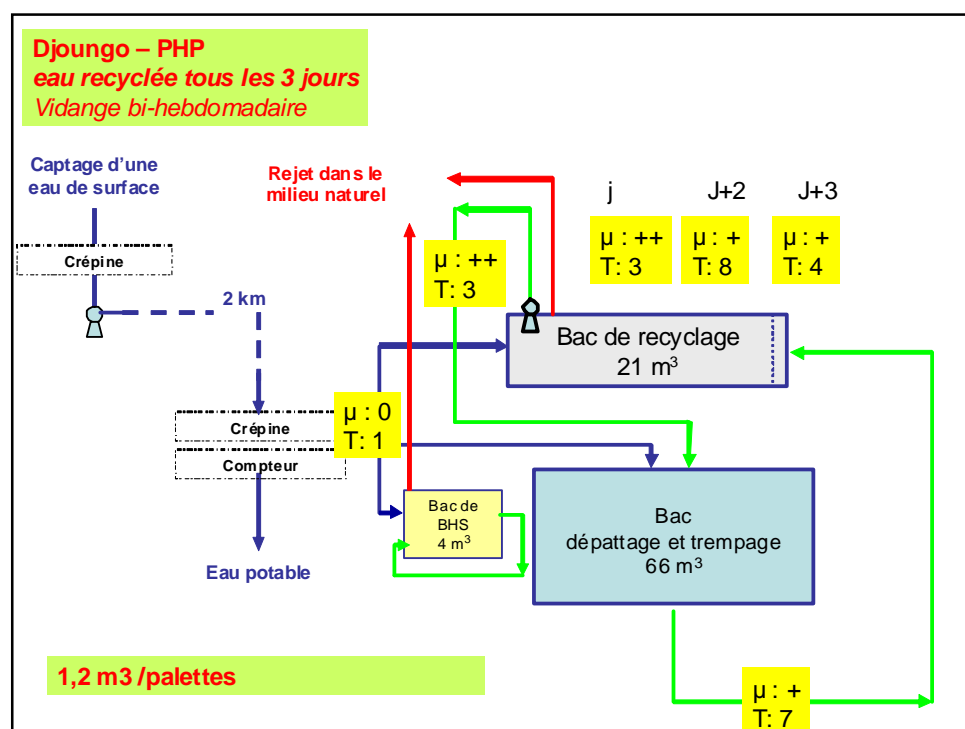


Figure 18 : Synthèse de quelques caractéristiques de Djoungo (PHP)

En dehors des recommandations faites sur toutes les autres stations, sur celle-ci nous recommandons particulièrement de :

- Installer un système de chloration continue par pompe doseuse en entrée de cette station afin d'injecter dans le circuit de l'eau microbiologiquement propre, et ainsi éviter toute contamination accidentelle du circuit d'eau,
- Laver les régimes avec de l'eau propre et pas avec l'eau qui est recyclée,
- Le bac de recyclage de cette station ne permet pas une bonne décantation. Enfin, en attendant la mise en place d'une procédure de traitement biologique des eaux, il pourrait être envisagé de réduire le cycle d'utilisation de l'eau.

2.4. Cas des deux stations en eau avec recyclage tous les 6 jours

2.4.1. Mpoula 1

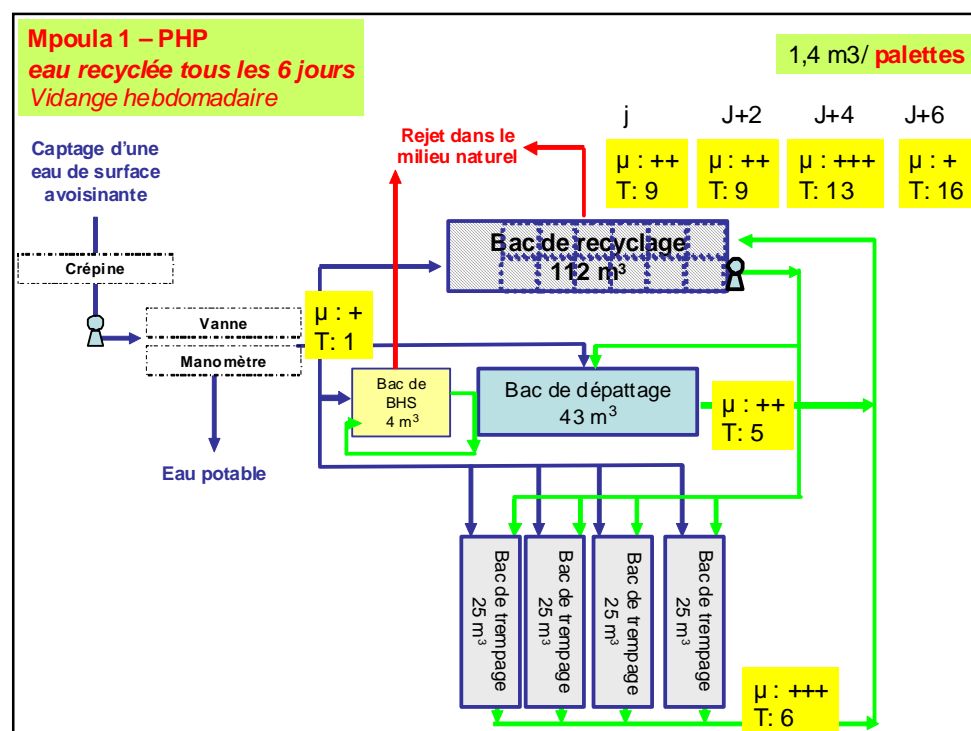


Figure 19 : Synthèse de quelques caractéristiques de Mpoula 1 (PHP)

En dehors des recommandations faites sur toutes les autres stations, sur celle-ci nous recommandons particulièrement de :

- Installer un système de chloration continue par pompe doseuse en entrée de cette station afin d'injecter dans le circuit de l'eau microbiologiquement propre, et ainsi éviter toute contamination accidentelle du circuit d'eau,
- Eloigner le rejet du captage et surtout ne pas rejeter les eaux usées dans la rivière comme c'est souvent le cas (il y a une dérivation qui permet de renvoyer les eaux usées au champ, mais elle est rarement utilisée),

- C'est certainement la meilleure installation de traitement de l'eau que nous avons pu voir. La décantation du latex dans cette unité pourrait très facilement y être optimisée (cf propositions à long terme). Toutefois, en attendant la mise en place d'une procédure de traitement biologique des eaux, il pourrait être envisagé de réduire le cycle d'utilisation de l'eau. En effet, c'est sur les stations à recyclage hebdomadaire que la charge polluante (turbidité et microbiologie est la plus élevée).

2.4.2. PHP bas

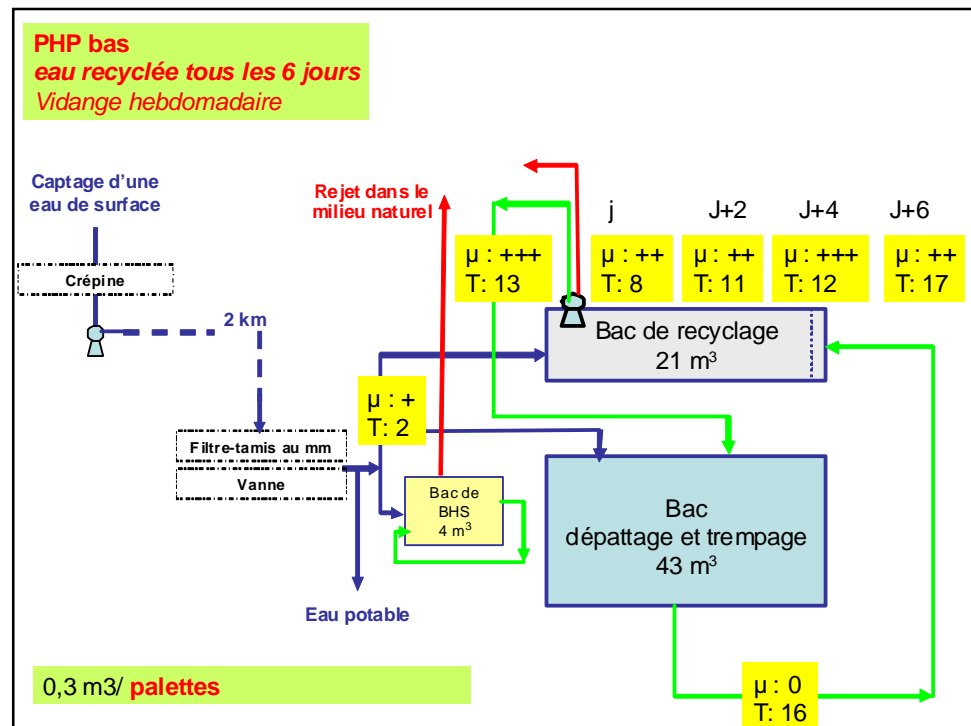


Figure 20 : Synthèse de quelques caractéristiques de PHP bas (PHP)

En dehors des recommandations faites sur toutes les autres stations, sur celle-ci nous recommandons particulièrement :

- d'installer un système de chloration continue par pompe doseuse en entrée de cette station afin d'injecter dans le circuit de l'eau microbiologiquement propre, et ainsi éviter toute contamination accidentelle du circuit d'eau,
- de laver les régimes avec de l'eau propre et pas avec l'eau qui est recyclée,
- de toute évidence le bac de recyclage de cette station n'est pas dimensionné pour un recyclage hebdomadaire. La décantation du latex se fait très mal (déjà au terme de deux jours). En attendant la mise en place d'une procédure de traitement biologique des eaux, il faudrait absolument réduire le cycle d'utilisation de l'eau sur cette station. En effet, c'est sur les stations à recyclage hebdomadaire que la charge polluante (turbidité et microbiologie est la plus élevée). Ce constat est particulièrement vrai pour cette station qui a un bac de recyclage de très petite taille (21 m³).

B. Améliorations à long terme

1. Proposition de procédés économiques et écologiques pour la maîtrise de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux des stations de conditionnement

1.i. Contexte et état des lieux

Certaines activités et/ou productions industrielles nécessitent de grandes consommations d'eau. La bonne gestion des ces flux d'eaux, que ce soit au sein même de la plateforme de production ou en sortie de plateforme, apparaît nécessaire dans le contexte actuel de préservation de la ressource en eau et protection de l'environnement.

Cette bonne gestion des flux liquides passe tout d'abord par une minimisation **des besoins en eau**, et ainsi par une **utilisation raisonnée**. Cette première étape est essentielle avant l'étape propre à la **détection des sources de pollution** sur la plateforme de production et ensuite à la **caractérisation des effluents générés**. Ces différents points considérés, il s'agit ensuite de mettre en place les systèmes de traitement adaptés, permettant un rejet soit sans risque pour le milieu récepteur, soit conforme à un recyclage ou une réutilisation.

La première étape de cette présente étude a ainsi consisté à faire un **état des lieux** des stations de lavage et conditionnement de la filière bananière au Cameroun. Cet état des lieux a consisté au diagnostic des pratiques actuelles dans différentes stations et aux analyses physico-chimiques et bactériologiques des effluents générés.

- ☑ Dans ce cadre spécifique, il a clairement été montré qu'un volume important d'eau est utilisé. Deux modes de gestion sont mises en œuvre, soit en circuit ouvert, avec une entrée continue d'eau, soit en circuit fermé où l'eau est re-circulée sur des périodes allant d'une journée à la semaine. Ce dernier mode de gestion devrait être étendu à toutes les stations, car permettant une réelle économie d'eau.

Cependant, ce choix n'est opportun que si une filière de traitement est proposée sur la ligne de recyclage afin d'assurer une qualité d'eau constante sur toute la durée du recyclage mais également lors du rejet en fin de cycle.

- ☑ En ce qui concerne la nature des eaux générées, on retrouve des pollutions de différents types :
 - pollution particulaire (matières en suspension diverses),
 - pollution colloïdale et soluble (latex, composés fongicides...),
 - et pollution microbiologique.

Notons que les eaux utilisées (influent ou eaux brutes) ne sont pas toujours exemptes de pollutions et on y retrouve très souvent matières en suspension et pollution microbiologique.

La figure 21 présente succinctement le circuit de l'eau, la qualité associée à ces eaux, ainsi que l'intégration de la filière qui sera proposée.

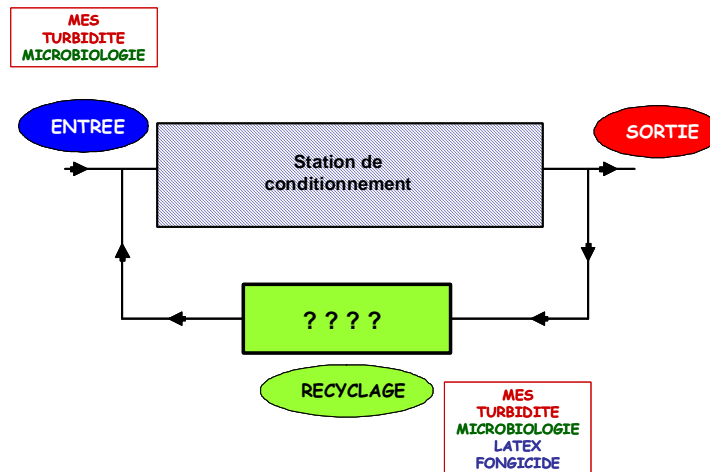


Figure 21 : Circuit de l'eau

1.ii. Mise en place de la filière

Face à la diversité des polluants rencontrés, la mise en place d'une filière intégrant plusieurs procédés est nécessaire.

La filière proposée a un objectif double :

- fournir une eau présentant de façon continue une qualité spécifique liée à l'usage attendu, et ainsi épurée des différents polluants détectés,
- pouvoir assurer, après réutilisation, un rejet conforme aux exigences du milieu récepteur.

Cette filière (figure 22) repose à la fois sur des procédés dits conventionnels et sur des procédés plus innovants.

La démarche choisie est très classique, à savoir :

- (i) une première étape basée sur l'élimination des gros débris ou autres pollutions grossières par dégrillage et tamisage,
- (ii) une seconde étape basée sur l'élimination des pollutions particulières et colloïdales par coagulation-floculation-décantation,
- (iii) puis enfin une dernière étape d'affinage de l'eau traitée.

Cet affinage, garantissant la rétention totale des matières en suspension et l'abaissement de la pollution microbiologique, pourra être assuré par la mise en place soit d'une technologie membranaire de micro- ou ultrafiltration, soit d'un traitement enzymatique.

Il est important de spécifier qu'il serait nécessaire que l'eau, en entrée de station de conditionnement, soit systématiquement traitée. En effet, il a été trop souvent noté, dans les eaux utilisées, une forte turbidité et la présence de contaminants microbiologiques. Il pourrait être envisagé systématiquement, comme déjà mis en place sur certaines stations, une filtration sur sable suivie d'une chloration. Si la présence de matières organiques solubles était détectée, la filtration sur sable pourrait être associée à une filtration sur charbon actif (filtre bicouche).

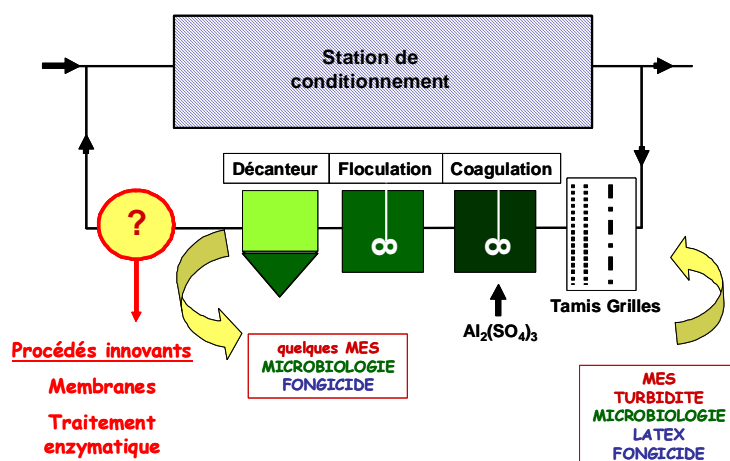


Figure 22 : Filière de traitement proposé

Notons que la filière proposée ici n'intègre pas le traitement des décantâts ou concentrâts (i.e. boues). Bien qu'indispensable, cet aspect pourra être abordé ultérieurement, après que le choix définitif des procédés aura été établi. Ces sous- et co-produits du traitement pourront soit être valorisés, soit être éliminés (e.g. incinération).

Chacune des différentes étapes et procédés mis en place sont décrits ci-dessous.

Etape 1. Dégrillage et tamisage

Le dégrillage et/ou tamisage permettent de retirer de l'eau les plus gros polluants tels que les branches, les feuilles et autres déchets grossiers.

Il assure donc la séparation des éléments grossiers en fonction de la maille ou de l'espacement entre les barreaux, afin notamment de prévenir les risques de colmatage des équipements rencontrés dans la filière. L'évacuation des refus peut être entièrement automatisée (ce qui est préférable) ou uniquement manuelle.

L'efficacité d'un dégrillage ou tamisage est essentiellement dépendante de l'espace inter-barreaux.

Il est possible de mettre en place :

- un pré-dégrillage d'un écartement supérieur à 50 mm,
- un dégrillage avec un écartement compris entre 10 et 40 mm,
- un dégrillage fin avec un écartement compris entre 3 et 10 mm.

Des tamis, d'un écartement inférieur à 3 mm, peuvent ensuite être utilisés.

Notons que des grilles sont déjà mises en place dans certaines des stations diagnostiquées (Photo 26).



Photo 40 : Système de dégrillage (PHP-bas)

Etape 2. Coagulation-floculation-décantation

La turbidité et la couleur d'une eau sont causées par la présence de composés de diverses origines et tailles. Dans le cas spécifique des eaux considérées ici, cette turbidité est due aux matières en suspension et plus spécifiquement au latex que l'on retrouve dans les effluents issus des bacs de dépaillage et trempage.

Ce latex peut être considéré comme une dispersion colloïdale de polymères. Les particules colloïdales sont caractérisées par deux points essentiels : une taille particulièrement faible (de 1 nm à 1 µm) et la particularité d'être chargées électro-négativement, ce qui génère des forces de répulsions inter-colloïdales. Ces deux points confèrent aux colloïdes une vitesse de sédimentation extrêmement faible, ce qui nous contraint ainsi à envisager un traitement amont de ces composés afin d'envisager leur élimination par décantation.

La coagulation-floculation est un procédé donnant la possibilité, en deux temps, aux particules colloïdales de sédimenter :

- La **coagulation** a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion de produits chimiques, appelés coagulants (généralement cations métalliques).
- La **floculation** a pour but de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on pourra facilement éliminer par décantation. L'ajout d'un floculant peut s'avérer nécessaire ; il s'agit le plus souvent d'un polymère, organique ou naturel.

Du point de vue de la mise en œuvre de la coagulation-floculation, deux paramètres nécessitent une attention spécifique lors du dimensionnement du traitement: **les quantités de réactifs à ajouter et les vitesses d'agitation du milieu réactionnel.**

Ces conditions opératoires sont à déterminer selon l'eau à traiter. Il n'existe pas de règle ou de formule de dimensionnement : ces conditions ne peuvent être déterminées que de façon empirique, par tâtonnements et par des essais, sur échantillons, en laboratoire.

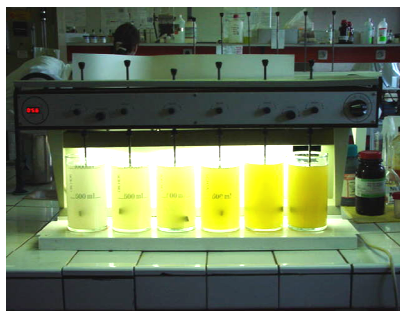


Figure 23 : Jar test

Ces essais de laboratoire sont réalisés en Jar test (figure 23), appareillage classiquement utilisé et permettant la détermination des couples quantités de réactifs / vitesse et temps d'agitation. Généralement la coagulation nécessite une vitesse d'agitation plutôt rapide (afin de favoriser la rencontre des colloïdes et coagulants) et la floculation nécessite une vitesse assez lente (pour faciliter la rencontre et l'agrégation des colloïdes, sans détruire les flocs déjà constitués).

Notons qu'il est envisagé de travailler ici avec du sulfate d'aluminium $Al_2(SO_4)_3$, utilisé déjà dans la plupart des stations de conditionnement et injecté au niveau des bacs de dépaillage et de trempage. Les bacs de décantation, souvent nombreux, devraient permettre aisément la mise en place de ce type de procédés dans les stations de conditionnement.

Etape 3. Procédé innovant de traitement biologique de l'eau

Deux procédés pourraient être utilisés le traitement d'une eau auparavant déchargée d'une grande partie des matières en suspension (MES).

❖ Séparation membranaire

La filtration sur membrane poreuse permet d'assurer une clarification extrême et fiable des effluents. L'enjeu essentiel ici est la rétention des matières en suspension encore présentes après décantation mais également la décontamination microbiologique (arrêt des bactéries, parasites divers, virus...). Clarification et décontamination sont assurées par une séparation physique à partir de membranes poreuses dont la sélectivité est imposée par le seuil de coupure choisi (micro ou ultra-filtration).

Pour se rappeler les principes mêmes de la séparation sur membranes, on pourra se reporter aux textes publiés dans les techniques de l'ingénieur (cf. dossiers J2790, J2793). Les performances associées à une séparation sur membranes poreuses sont estimées au travers des 2 critères que sont :

- **La sélectivité** du milieu filtrant qui assure la qualité de l'eau traitée et doit toujours conduire à une clarification parfaite mais aussi une désinfection poussée. Cette sélectivité repose sur la différence de taille entre le diamètre moyen des pores de la membrane et la taille des composés à retenir. En cours d'opération, elle peut toutefois dépendre des conditions opératoires, déformation de particules sous la pression de filtration, voire mise en place d'une membrane dynamique.
- **La perméabilité** membranaire, associée à la valeur du flux volumique de perméat pouvant traverser une surface unitaire de membrane dans les conditions imposées.

Les membranes utilisées peuvent être des membranes polymères ou minérales avec une structure asymétrique permettant d'atteindre des perméabilités compatibles avec les flux souvent importants d'eau à traiter. Pour répondre à la demande de rétention totale des espèces épuratives et des germes divers présents dans l'eau à traiter, le seuil de coupure des membranes pourra être choisi dans le domaine de la microfiltration (valeur moyenne du diamètre des pores de 0.05 à 0.4 μm) ou de l'ultra filtration (10 à 50 nm) pour assurer notamment une rétention virale.

La qualité de la désinfection, ainsi que la possibilité d'un contrôle plus maîtrisé de la perméabilité membranaire en cours d'opération, restent néanmoins très liées à la distribution de la taille des pores autour des valeurs moyennes indiquées, des distributions serrées doivent être préférées. Notons que la constitution d'un dépôt, voire d'un biofilm, sur et dans les pores en cours d'opération peut contribuer significativement à la rétention de composés spécifiques solubles.

La géométrie de la membrane, la configuration et le nombre installé de modules de filtration permettront de connaître l'espace nécessaire à l'opération de séparation. Deux types principaux de modules vont être rencontrés :

- (i) ceux reposant sur une filtration en **mode interne-externe** et
- (ii) ceux reposant sur une filtration en **mode externe-interne**.

Ces deux modes de filtration imposent des caractéristiques particulières de travail pour les systèmes industriels :

- Dans le cas des **systèmes dits recirculés**, les membranes, souvent tubulaires, sont insérées dans un carter (Figure 24.a). L'eau à traiter circule à l'intérieur des tubes et le perméat traverse, sous l'action de la pression de travail appelée pression trans-membranaire, la paroi membranaire pour être évacué à l'extérieur du carter. Les avantages de ce mode de filtration sont (i) de parfaitement maîtriser les contraintes pariétales en surface de la paroi membranaire, la circulation de la suspension à filtrer se faisant dans un espace géométrique défini, et (ii) de pouvoir développer dans le carter un réseau dense de membranes (tubes jointifs) car seul le perméat (eau traitée parfaitement clarifiée) circule à l'extérieur des tubes. Les inconvénients sont par contre liés à l'obligation de placer les membranes dans un carter pour récupérer le perméat. L'intégrité des membranes et des systèmes d'étanchéité est aussi essentielle pour la qualité de la filtration.
- Dans le cas des **systèmes immergés**, la conception du module est simplifiée (Figure 24.b). L'eau à filtrer circule simplement entre les tubes ou plaques membranaires reliés à un système spécifique d'extraction du perméat. Les avantages de ce mode de filtration sont (i) de ne pas nécessiter de carter enveloppant tout le réseau membranaire qui peut alors être immergé facilement dans des ouvrages conventionnels existants, (ii) de pouvoir choisir des tubes très fins et obtenir ainsi des surfaces spécifiques de filtration théoriquement très grandes, (iii) de maîtriser la turbulence locale (aération, circulation de la suspension, mobilité possible des membranes) et la conduite de la filtration (filtration continue ou associée à des régénérations ponctuelles).



Figure 24 : Configurations membranaires

Le dimensionnement de l'unité de filtration nécessite des tests préliminaires relatifs à la détermination du pouvoir colmatant des eaux à filtrer. Des tests de filtrabilité devraient permettre ainsi d'obtenir l'ordre de grandeur des flux possibles (exprimés en L/h par m² de surface membranaire) et ainsi la surface membranaire à développer afin d'obtenir les débits désirés.

La mise en place d'une telle technologie dans les stations de conditionnement est possible par la mise en place de modules soit recirculés, soit immergés en bénéficiant alors des bacs déjà existants.

❖ Le système Lactoperoxydase (LPS)

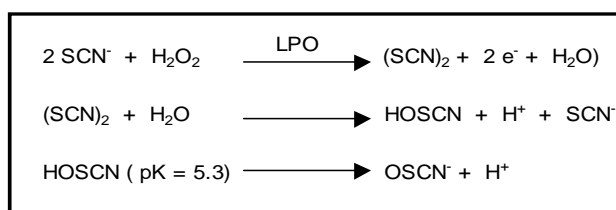
Le système lactopéroxydase (SLP) est un système enzymatique qui a prouvé son efficacité sur la désinfection de différents aliments liquides (lait) ou solides (mangues). Déjà autorisé dans le cas de traitement de salade de 4^{ème} gamme, le SLP pourrait servir à désinfecter les eaux de entrants dans les bacs de lavages, ou dans le cas de limitation d'emploi de fongicides au moment du traitement de sortie des fruits.

Le SLP se compose de trois constituants :

- ✓ l'enzyme lactoperoxydase,
- ✓ le thiocyanate (SCN^-),
- ✓ le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2).

L'enzyme lactoperoxydase

La lactoperoxydase est quantitativement une des enzymes les plus importantes dans le lait de bovin; elle est impliquée dans un système de défense naturel bactérien à travers l'oxydation d'ions thiocyanate par le peroxyde d'hydrogène également présent dans les fluides biologiques d'où l'appellation système lactoperoxydase (SLP).



La lactoperoxydase appartient à la famille des peroxydases. Les peroxydases ayant pour fonction de décomposer les peroxydes, dérivés toxiques de l'oxygène (comme l'eau oxygénée ou peroxyde d'hydrogène). Elles existent chez les microorganismes, les plantes et les animaux.

Caractéristiques physico-chimiques

La lactoperoxydase consiste en un enchaînement de polypeptides qui a un poids moléculaire de 78.431 kDa. La chaîne peptidique, dont la séquence est connue, contient 612 acides aminés dont 15 cystéines. Il s'agit d'une protéine basique (pHi = 9.6), ce qui facilite son extraction. La molécule native contient à peu près 10% de glucides qui composent 4 ou 5 sites potentiels de N-glycosylation.

La lactoperoxydase contient 0,07% de fer, soit un atome de fer par molécule. Cet atome de fer fait partie du groupe héminique du centre catalytique de la molécule. On a montré que le groupe héminique consiste en une protoporphyrine IX étroitement liée à la molécule de lactoperoxydase par un pont disulfure.

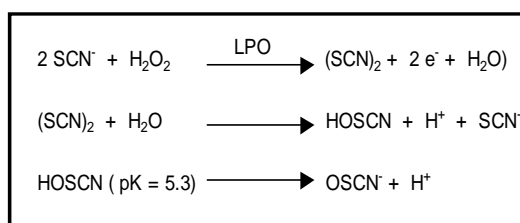
La structure secondaire de la lactoperoxydase bovine est composée de 23% d'hélice α , 65% de feuillets β et 12% de structures désordonnées. La stabilité de la conformation de l'enzyme est conférée par un ion calcium qui lui est étroitement lié.

Certains auteurs ont suggéré que la structure tridimensionnelle de la lactoperoxydase était pratiquement similaire à celle de la myéloperoxydase. La plupart des brins sont pliés en feuillets β et entourent le noyau central de la molécule. Le groupe héminique est lié par liaison covalente à la lactoperoxydase via un pont disulfure sur la boucle D. L'hème est situé dans une cavité au centre, entre les hélices H_5 et H_6 du côté distal, et entre H_8 et H_{12} du côté proche de la molécule.

L'accès au solvant, s'effectue par l'intermédiaire d'un canal ouvert du côté distal (proche de H_4). Un résidu H_2 , lié à l'atome de fer, participe au transfert de proton nécessaire à la fixation avec l'ion thiocyanate (SCN^-) pendant la catalyse. De nombreuses études spectroscopiques ont montré la fixation du résidu histidine par liaison covalente au acier de l'hème dans la cavité de la lactoperoxydase.

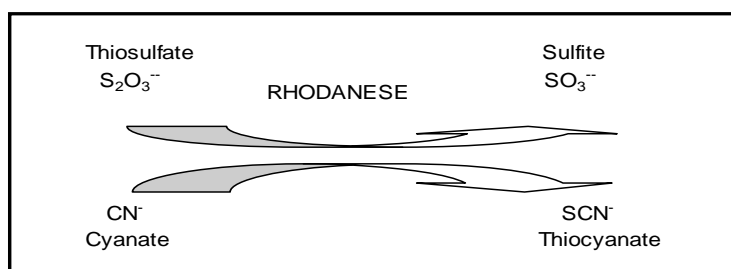
Effets antimicrobiens

Les réactions catalysées par la lactoperoxydase conduisent à la formation de produits d'oxydation intermédiaires à courte durée de vie dont la majeure partie est l'hypothiocyanate ($OSCN^-$). $OSCN^-$ peut être produit à une concentration d'environ une mole par mole d' H_2O_2 .



A pH 5.5, l'activité de la lactoperoxydase est maximale. L'ion $OSCN^-$ est alors en équilibre avec sa forme acide $HOSCN$ ($pK = 5.3$). La forme acide semble avoir un effet bactéricide plus marqué.

L'oxydation des groupes sulfhydriques ($-SH$) de certaines enzymes et protéines par $OSCN^-$ est considéré comme le facteur clé de l'action antimicrobienne du SLP. Après exposition des organismes au SLP, une libération immédiate de potassium, acides aminés et polypeptides indique que les membranes cytoplasmiques bactériennes subissent des dommages structuraux ou des modifications. La consommation de glucose, de purines, de pyridines et d'acides aminés, ainsi que la synthèse de protéines, d'ADN et d'ARN sont, de ce fait, inhibées.



Il existe trois grands types d'effet du SLP :

- ✓ Un effet bactéricide sur les bactéries Gram-négatif, catalase positive, par exemple *Pseudomonas* sp., les Coliformes, les Salmonelles, et *Campylobacter* sp. .
- ✓ Un effet bactériostatique sur les bactéries Gram-positif, catalase positive, par exemple, *Streptococcus* sp, *Lactobacillus* sp., *Listeria* sp., *Staphylococcus* sp..
- ✓ Inactivation de champignons comme *Rhodotorula rubra*, *Saccharomyces* sp., *Geotrichum* sp., *Mucor rouxii*, *Aspergillus niger*, et *Byssoschlamys fulva*.

Le thiocyanate

Constituant des fluides extracellulaires très largement répandu dans les tissus et les sécrétions animales des Mammifères, il se fixe à la lactoperoxydase pendant la catalyse. Cependant, il s'accumule dans certaines cellules de l'organisme. La rhodanèse est l'enzyme responsable de la détoxification des cyanures, présente dans le foie et la plupart des autres tissus. Elle catalyse la formation d'ions sulfites (SO_3^{2-}) au dépend d'ions thiosulfates ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$) et la conversion de l'ion cyanure CN^- très toxique en ion thiocyanate (SCN^-) moins toxique et éliminé principalement par voie urinaire.

La concentration en thiocyanate du lait bovin varie avec les races, les espèces et la nourriture. Elle a été estimée entre 1 et 15 mg/l. Il y a 2 principales sources alimentaires de thiocyanate : les glucosinolates et les glucosides cyanogéniques. Les légumes de la famille des Crucifères telle que les choux, les choux de Bruxelles, choux-fleurs, rutabagas sont particulièrement riches en glucosinolates, qui donnent après hydrolyse du thiocyanate. Les glucosides cyanogéniques sont trouvés dans la pomme de terre, le maïs, le manioc, le haricot. Quand ces glucosides sont hydrolysés, ils libèrent le cyanure qui par réaction avec le thiosulfate (produit du métabolisme des acides aminés soufrés) est détoxifié en étant transformé en thiocyanate.

On peut aussi trouver le thiocyanate dans le sang et dans diverses sécrétions humaines. Le thiocyanate de sodium, sous forme solide, facilement dosable sera la source de thiocyanate utilisée dans les expérimentations.

Le peroxyde d'hydrogène

Le peroxyde d'hydrogène est un produit chimique assez doux, spécialement aux faibles concentrations. En solution diluée, il est utilisé par addition directe et exogène dans le système. Ceci présente l'inconvénient majeur d'entraîner une altération au niveau de la qualité nutritionnelle des protéines du milieu par exemple dans le lait.

Il peut être généré de façon endogène par des bactéries. Beaucoup de lactocoques et streptocoques peuvent produire suffisamment de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) en aérobie pour activer le système lactoperoxydase.

Le peroxyde d'hydrogène peut aussi être généré lors de l'oxydation du glucose par la glucose oxydase ou l'oxydation de l'hypoxanthine par la xanthine oxydase. Le glucose et l'hypoxanthine ainsi que leurs enzymes de dégradation respectives, peuvent par conséquent être des systèmes générateurs de peroxyde d'hydrogène.

On peut aussi utiliser du percarbonate de sodium ($\text{CH}_3\text{Na}_2\text{O}_6$) ou du peroxyde de magnésium (MgO_2). Le percarbonate de sodium présente l'avantage de permettre une libération progressive de peroxyde d'hydrogène ; il est aisé de s'en procurer. C'est cette forme qui sera utilisé dans les expérimentations.

Applications industrielles du SLP

L'Eau Activée®

Avec le soutien de l'ANVAR, et la collaboration de la société belge BIPOLE, TMI Europe, société de Conseil en Industries Agroalimentaires, a développé la nouvelle technologie Catallix®. Protégé par un brevet, et évalué par l'AFSSA, ce nouveau procédé non thermique de traitement des produits alimentaires est basé sur une méthode d'activation de liquide. Le pilote industriel Catallix® 30 reproduit la réaction du SLP, et produit en continu une Eau Activée® capable de maîtriser la flore microbienne de produits alimentaires comme la charcuterie, les fromages, les poissons et les volailles. Il s'intègre dans les chaînes de traitement des produits alimentaires et permet "d'activer" l'eau de lavage pour lui conférer des propriétés antibactériennes. Cette Eau Activée® peut être utilisée sur de nombreux produits alimentaires par immersion, pulvérisation, ou par ajouts dosés.

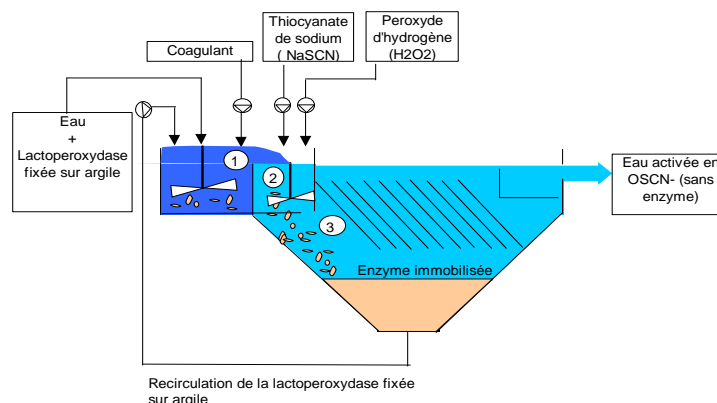


Figure 25 : Cattalix®

La production d'Eau Activée® par le pilote industriel Catallix® 30 se fait tout d'abord, par introduction d'eau potable de façon à remplir le premier compartiment aux $\frac{3}{4}$. La lactoperoxydase fixée sur de l'argile est alors ajoutée. L'immobilisation de l'enzyme sur argile permet son recyclage pour une production continue. Ensuite, l'introduction de coagulant entraîne la floculation de l'argile. Le thiocyanate est ajouté et l'alimentation en eau est rétablie. Le contenu du premier compartiment passe en sur verse au niveau du second. Le peroxyde d'hydrogène est ajouté et la réaction du SLP prend effet (génération d'ions OSCN⁻). Au fur et à mesure, le contenu du second compartiment se déverse au niveau du troisième. Une séparation par sédimentation lamellaire entre l'enzyme immobilisée en partie basse et l'eau activée en partie haute est réalisée.

L'enzyme immobilisée est pompée et recyclée au niveau du premier compartiment. Enfin, l'Eau Activée® est récupérée en partie haute du troisième compartiment après filtration sur filtre poche (diamètre des pores de 10 µm). Cette eau inodore ne contient que les ions OSCN⁻ produits finaux de la réaction du SLP ce qui lui confère une propriété non toxique.

L'emploi d'un système lactoperoxydase comme auxiliaire technologique pour le traitement des salades de 4^{ème} gamme a reçu un avis positif de l'AFSSA (agence française de sécurité sanitaire des aliments, avis joint en annexe 14)

Autres

L'entreprise BIOSERAIE a mis au point une méthode de traitement de surface des produits alimentaires par le SLP. Le traitement est très efficace pour la décontamination, de la surface du fromage en particulier pour les bactéries du genre *Listeria sp.*, *Yersinia sp.*, *Campylobacter sp.*, *Staphylococcus sp.*, *Streptococcus sp.*, *Salmonella sp.*, *Escherichia Coli*, *Pseudomonas sp.*.

L'entreprise suggère que le SLP peut être utilisé pour la décontamination des aliments solides comme le fromage, la viande, le poisson, les légumes sans risque pour la santé des consommateurs. Une application du SLP dans le domaine des produits cosmétiques a été développée. On a montré une activité antimicrobienne du SLP sur un large spectre de bactéries ainsi que sur les levures, les moisissures et les virus pendant une durée de 2-4 mois.

De nouvelles applications du SLP se développent en médecine dentaire et pour le traitement des lésions cutanées. On a aussi utilisé le SLP dans des solutions de rinçage buccal pour diminuer la formation d'acides par les microorganismes buccaux.



Figure 26 : Pilote testé au CIRAD

Liste des bactéries pathogènes sensibles au Système Lactoperoxydase :

<i>Escherichia coli</i>	<i>Haemophilus</i>
<i>Enterobacter</i>	<i>Aeromonas</i>
<i>Hafnia</i>	<i>Pseudomonas</i>
<i>Klebsellia</i>	<i>Staphylococcus</i>
<i>Serratia</i>	<i>Streptococcus</i>
<i>Citrobacter</i>	<i>Salmonella</i>
<i>Yersinia</i>	<i>Proteus</i>
<i>Listeria</i>	<i>Providencia</i>
<i>Campylobacter</i>	<i>Shigella</i>

Compte tenu des résultats précédemment obtenus avec le système LPS, des pathogènes qui sont détruits par les ions hypothiocyanates l'eau activée pourrait être utilisée en entrée de station dans le cas où les eaux entrantes ont des possibilités d'être polluées et ce afin de limiter la charge microbienne qui ne fait qu'augmenter au cours du process.

La seconde possibilité est d'employer le système dans les bacs de trempage des fruits (comme c'est le cas pour les salades de 4^{ème} gamme il faut noter que les charges de contaminations sont moindres dans le cas de la salade), on peut enfin penser à utiliser le système en fin de chaîne dans le cadre de la limitation de l'emploi des fongicides classiques.

Toutes ces possibilités sont envisageables mais demanderont au préalable des études beaucoup plus descriptives tant sur le plan de la réalisation de l'efficacité et sur le plan économique.

Deux sociétés peuvent être impliquées dans cette thématique, la société qui fabrique le système « Catallix » et la société Koppert qui elle commercialise un produit à base de LPS libre dans le cadre de la réduction de l'emploi de produits fongicides chimiques.

2. Proposition des procédés économiques et écologiques pour le recyclage des bouillies fongicides récupérées dans les stations de conditionnement (phytobacs ou autres...)

2.1. Rappel de la situation sur la collecte et/ou le rejet des bouillies fongicides et de la nécessité de recycler et de traiter.

Les bouillies fongicides sont généralement composées de sulfate d'alumine, d'Imazalil et de Baycor ou tecto en solution dans l'eau. Elles sont utilisées pour lutter contre la pourriture des couronnes de bananes. Bien que le volume d'utilisation journalier soit compris en moyenne entre 300 et 800 litres, les volumes collectés après traitement des couronnes sont bien inférieurs (environ 100 L/Jour d'après certains responsables de station). En effet la collecte n'est que très partielle, nous avons constaté que dans beaucoup de stations, les fûts débordaient voir étaient directement vidés sur le sol de la station de conditionnement ou dans certains bacs (Photos 41 & 42).



Photos 41 & 42 : Mauvaise récupération des bouillies fongicides dans les stations d'emballage

En principe lorsque les fûts de stockage des bouillies utilisées sont pleins, ils sont remis au service phytosanitaire de la société qui les déverse dans des fosses (avec quel traitement?) ou dans les jachères ce qui est inacceptable au vu des risques sanitaires et environnementaux. Il existe donc un risque sanitaire d'une part pour les bananes, mais également pour les employés ainsi que les milieux naturels d'où la nécessité de proposer une filière de traitement efficace et innovante pour ces rejets spécifiques à l'industrie de la banane.

2.2. Proposition d'un procédé économique et écologique pour le traitement spécifique des bouillies fongicides après utilisation : la photocatalyse solaire.

2.2.1. Présentation

Ces 20 dernières années, la dégradation photocatalytique de différents composés organiques toxiques (en particulier les pesticides, herbicides et fongicides) a été proposée comme un procédé complémentaire pour la décontamination des eaux de surface et des eaux souterraines. L'utilisation de catalyseurs, tels que TiO_2 , ZnS ou CdS , permet l'oxydation totale des polluants en dioxyde de carbone, eau et autres produits minéraux. Cependant le choix du semi-conducteur se porte presque exclusivement sur le dioxyde de titane qui est actuellement le plus efficace. Le principe de cette technique repose sur l'irradiation du photocatalyseur par un rayonnement U.V. (solaire ou artificiel) d'une longueur d'onde inférieure à 400 nm, ce qui va provoquer la formation des radicaux hydroxyles $^{\circ}\text{OH}$ à la surface du TiO_2 , qui vont dégrader les molécules organiques (les radicaux OH° sont des oxydants très puissants).

En utilisant cette technologie nous évitons d'avoir recours à des traitements chimiques lourds pour dépolluer l'eau. Ainsi, on remplace le chlore ou l'ozone par ces radicaux hydroxyles encore plus oxydants. Contrairement à l'eau oxygénée et à l'ozone, le TiO_2 absorbe les ultraviolets émis par le Soleil.

Cette technologie offre de nombreux avantages :

- Activation par l'énergie solaire (gratuite et non polluante),
- Le photocatalyseur le plus efficace, le dioxyde de titane, est peu coûteux, non toxique et très peu soluble dans l'eau, de sorte qu'il peut durer très longtemps.
- Cette méthode est non sélective, tous les composés organiques présents dans l'eau peuvent être détruits,
- Et surtout c'est une méthode destructive, c'est-à-dire que contrairement à d'autres technologies telles que l'adsorption ou la floculation, on ne déplace pas (ou concentre pas) les composés toxiques mais on les minéralise (transformation en eau, dioxyde de carbone et sels divers).

L'idée est de construire une installation pilote de photocatalyse solaire pour traiter de 5 à 10 m³ de résidus de bouillies fongicides par semaine.

2.2.2. Collecte des effluents

Premièrement, il faudra instaurer un ***système de collecte*** efficace et régulier de telle sorte que les fûts de stockage dans les stations ne soient pas saturés et ne débordent plus. L'idéal serait de faire un ramassage chaque fin de journée avec un camion citerne qui collecterait les bouillies pour les emmener dans le centre de traitement où sera installé le pilote de photocatalyse.

Des leur arrivée dans le centre de traitement, les bouillies seront filtrées rapidement pour éliminer les particules les plus importantes et notamment le latex en suspension. Elles sont ensuite soit stockées dans des bacs soit traitées directement avec le ***pilote de photocatalyse***.

2.2.3. Mise en œuvre

L'installation de traitement par photocatalyse est de construction simple (Figure 27). Elle est constituée d'un réservoir contenant les bouillies fongicides. Celles-ci sont pompées pour être injectées dans la partie supérieure du photoréacteur. L'effluent va ruisseler sur un long «toboggan» (une dizaine de mètre de long pour 1 m de large avec un rebord de 20 cm) dans lequel nous aurons placé le matériau photocatalytique. Les bouillies fongicides retombent directement dans le réservoir où elles sont à nouveau renvoyées vers le «toboggan » pour continuer à être traitées. Le nombre de cycles de traitement va dépendre du volume d'effluent à traiter et de sa composition. En fonction de la concentration, il sera peut être nécessaire de diluer ces bouillies avec de l'eau propre.

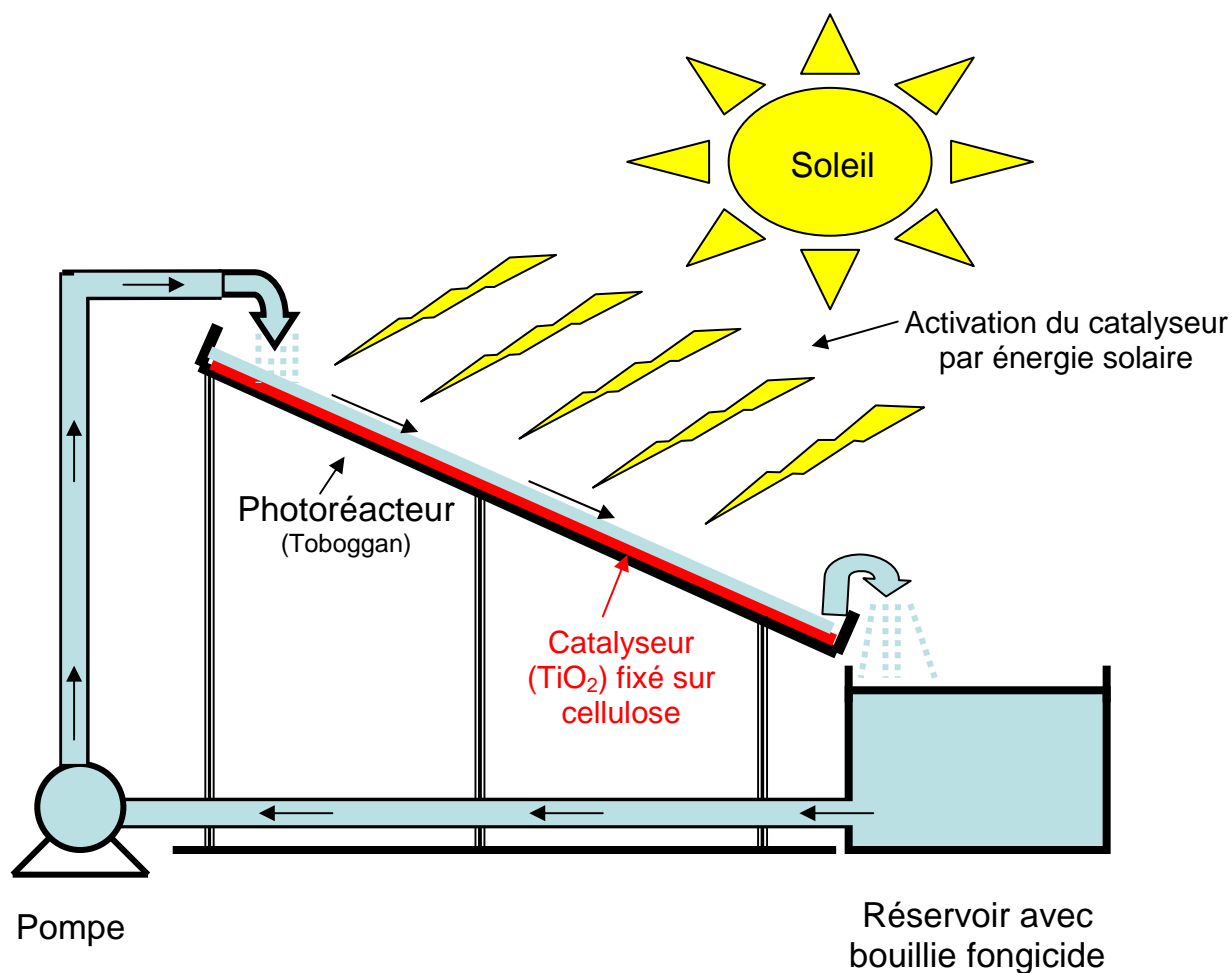


Figure 27 : Schéma sommaire de l'installation de traitement des bouillies fongicides par photocatalyse solaire

Le **matériau photocatalytique** qui pourra être utilisé est développé par la société *Alsthrom*. Sans entrer dans les détails, il s'agit de dioxyde de titane compressé avec de la silice sur un support en cellulose. Il est disponible en rouleau de 50 à 100 cm de large sur plusieurs dizaines de mètres de long. Il n'est pas encore commercialisé mais il est à disposition des laboratoires de recherche universitaire ou des entreprises de traitement des effluents qui l'expérimentent dans différentes conditions. *Ce serait une excellente opportunité pour ce fabricant de tester en situation réelle l'efficacité de son produit.*

Le pilote de photocatalyse sera dimensionné pour traiter de 5 à 10 m³ de bouillies fongicides par semaine. Ce qui, d'après ce qui a été observé sur place devrait être suffisant pour répondre au besoin d'une demi-douzaine de stations de lavage et de conditionnement. Cependant, en cas de «surproduction» ces dernières pourront être stockées dans des cuves avant d'être traitées lors de périodes plus calmes.

Un des problèmes qui se posent est le *suivi analytique de l'efficacité du traitement* afin de déterminer à partir de quel moment l'eau a une qualité acceptable pour être rejetée sans risque dans les milieux naturels. *Les mesures de DCO et de COT sont des indicateurs importants de la qualité d'une eau, mais serai-il est possible d'effectuer ces mesures sur le site de décontamination de façon continue et régulière?*

3. Proposition des méthodologies simples et innovantes pour établir un diagnostic continu de la qualité (risques sanitaires et phytosanitaires) des eaux des stations de conditionnement du Cameroun

Mise au point d'une analyse rapide par PCR-DGGE de quatre eaux du Cameroun

Introduction

La technique PCR-DGGE a été mise au point par l'UMR Qualisud pour relier l'écologie microbienne à l'origine géographique des aliments. La technique moléculaire emploie les profils d'ADN 16S (Bactéries) générés par PCR-DGGE (puis une analyse d'image suivie d'une analyse statistique). Nous avons appliqué cette nouvelle technique sur les eaux du Cameroun. Cette technique rapide (moins de 24h) et peu coûteuse permet de visualiser en une seule étape de PCR toutes les souches bactériennes présentes dans un échantillon d'eau. La technique permet d'analyser en une seule étape une trentaine d'étapes du process et donc de suivre l'évolution de la qualité des souches microbiennes ou cours du process.

Protocole

L'extraction de l'ADN des bactéries est basée sur des méthodes publiées qui ont été modifiées et optimisées. Pour les échantillons d'eau, environ 2 mL de chacun des échantillons ont été homogénéisés par vortex pendant 10 min, puis centrifugés à 10.000 g pendant 10 min. 100 µL de tampon de lyse TE (10 mM Tris, 1 mM EDTA, pH 8,0, Promega, France) et 100 µL de solution de lysozyme (25 mg L⁻¹, Eurobio, France) et 50 µL de solution de protéinase K (10 mg L⁻¹, Eurobio) ont été ajoutés à chaque tube. Les échantillons ont été mixés durant 5 min et incubés à 42°C pendant 20 min. Puis 50 µL de SDS 20% (Sigma) ont été ajoutés à chaque tube et ont été incubés à 42°C pendant 10 min. 300 µL de MATAB (Sigma) ont été ajoutés et les tubes ont été incubés à 65°C pendant 10 min. Les lysats ont ensuite été purifiés par extraction répétée avec 700 µL de phénol/chloroforme/alcool isoamylique (25/24/1, Carlo Erba), et le phénol résiduel a été éliminé par extraction avec un volume égal de chloroforme/alcool isoamylique (24/1). L'ADN a été précipité avec de l'isopropanol, lavé à l'éthanol 70% puis séché à l'air à température ambiante pendant 2h. Enfin, l'ADN a été remis en suspension dans 50 µL d'eau ultra pure et conservés à -20°C jusqu'à l'analyse.

La région variable V3 de l'ADNr 16S des bactéries isolées des eaux a été amplifiée en utilisant des amorces gc-338f (5'-CGC CCG CCG CGC GCG GCG GGC GGG GCG GGG GCA CGG GGG GAC TCC TAC GGG AGG CAG CAG-3', Sigma) et 518r (5'-ATT ACC GCG GCT GCT GG-3', Sigma). Un GC-clamp de 40-bp (Sigma) a été ajouté à l'amorce Forward afin de s'assurer que le fragment d'ADN restera partiellement double brin et que la région couvre le domaine de fusion le plus bas. Chaque mélange (volume final de 50 µL) contenait environ 100 ng d'ADN, les amorces à 0,2 µM, tous les désoxyribonucléotides triphosphate (dNTP) à 200µM, 1.5mM MgCl₂, 5µL de 10 × de tampon de réaction *Taq* sans MgCl₂ et de 5 U de *Taq* polymérase (Promega). Afin d'accroître la spécificité de l'amplification et à réduire la formation de faux sous-produits, une touchdown PCR a été réalisée. Une dénaturation initiale à 94°C pendant 1 min et 10 cycles de touchdown de dénaturation à 94°C pendant 1 min, puis recuit à 65°C (avec une diminution de température de 1°C par cycle) pendant 1 min, et extension à 72°C pendant 3 min, suivie de 20 cycles de 94°C pendant 1 min, 55°C pendant 1 min et 72°C pendant 3 min. Au cours du dernier cycle, l'étape d'extension a été portée à 10 min.

Pour tous les ADN, des aliquots (5 µL) des produits PCR ont été analysés d'abord par électrophorèse classique dans 2% (p / v) avec gel d'agarose TAE 1 × tampon (40 mM Tris-HCl pH 7,4, 20 mM d'acétate de sodium, 1,0 mM Na₂-EDTA), coloré avec 0,5 mg de bromure d'éthidium mL⁻¹ dans le TAE 1 × et quantifiés en utilisant un standard (échelle de masse de l'ADN de 100 pb). Les produits de PCR ont été analysés par DGGE à l'aide d'un Bio-Rad DcodeTM système universel de détection de mutation (Bio-Rad Laboratories, USA). Les échantillons qui contiennent des quantités à peu près égales des amplicons de PCR ont été chargés sur des gels à 8% (p/v) de polyacrylamide (acrylamide/N, N'-méthylène bisacrylamide, 37,5 / 1, Promega) en 1 × tampon TAE (40 mM Tris-HCl pH 7,4, 20 mM d'acétate de sodium, 1,0 mM Na₂-EDTA).

Toutes les expériences d'électrophorèse ont été effectuées à 60°C avec un gradient de dénaturation allant de 30% à 60% (100% correspond à de l'urée 7 M et 40% formamide, Promega). Les gels ont été soumis à une électrophorèse à 20 V pendant 10 min, puis à 80 V pour 12 h. Après électrophorèse, les gels ont été colorés pendant 30 min au bromure d'éthidium et rincés pendant 20 min dans de l'eau distillée, puis photographiés sur un transilluminateur UV avec le Gel Smart 7.3 Système (Clara Vision, Les Ulis, France).

Profil DGGE des échantillons d'eau

La figure ci-dessous présente les résultats obtenus par PCR-DGGE sur les quatre échantillons d'eau. Ces quatre échantillons sont arrivés non numérotés au laboratoire de Montpellier donc il est difficile d'interpréter le gel par origine de l'eau. Par contre, on peut conclure à une bonne différenciation par DGGE des quatre eaux. De nombreux spots représentant des bactéries sont visibles sur le gel. En effet, on peut observer jusqu' à une quinzaine de bactéries par source d'eau.

Il serait intéressant par la suite de séquencer ces bandes pour les comparer aux résultats obtenus par les méthodes traditionnelles mises en œuvre par le laboratoire local. La méthode PCR-DGGE est nettement plus rapide que les méthodes traditionnelles, moins de 24 h pour 30 analyses, et pourrait donc être utilisée comme méthode suivie en routine de la qualité des eaux de lavage.

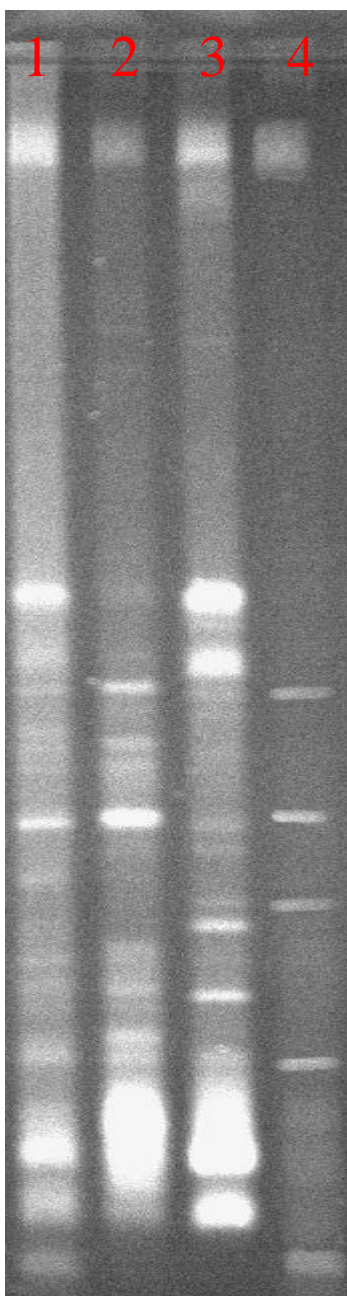


Figure 28 : Profils obtenus par PCR-DGGE sur quatre échantillons d'eau provenant de 2 stations de conditionnement des bananes au Cameroun.

3. Annexes

Annexe 1 : Quelques données sur les autres stations de la PHP qui ont été caractérisées

Typologie et source d'approvisionnement en eau de lavage utilisée dans les stations de la PHP

Station	Origine eau	Nom source	Typologie ⁽ⁱ⁾
Dia-dia	Lac	<i>Lac diadia</i>	<i>Bihebdomadaire</i>
Kumbe	Rivière	<i>Kumbe</i>	<i>Hebdomadaire</i>
Loum 1	Rivière	<i>Kwata</i>	<i>Bihebdomadaire</i>
Nassif bas	Rivière	<i>Kwata</i>	<i>Hebdomadaire</i>
Penja ouest	Rivière	<i>Kumbe</i>	<i>Bihebdomadaire</i>
PHP haut	Source*	<i>PDN</i>	<i>Hebdomadaire</i>

(i) définie en fonction de la fréquence de vidange du bac de reprise

* 2 sources d'eau jaillissant du sol ; PDN : pas de nom

Quelques caractéristiques des bacs de soins aux fruits en station de conditionnement de la PHP

Station	Bac de dépattage			Bac de trempage		
	Nombre	Volume*	NTAE**	nombre	Volume *	NTAE**
Dia-dia	1	50,5 m ³	5	4	97,0 m ³	10
Kumbe	1	50,0 m ³	8	5	76,0 m ³	8
Loum 1	1	63,5 m ³	5	5	104,0 m ³	5
Nassif bas	3	21,0 m ³	4	2	58,0 m ³	5
Penja ouest	1	37,1 m ³	4	4	86,1 m ³	5
PHP haut	2	24,8 m ³	10	6	36,8 m ³	10

NTAE : nombre de trous par mètre de tuyau d'approvisionnement d'eau dans le bac

* : volume total des bacs fonctionnels

μ : il existe un seul bac de dépattage – trempage dans cette station

Quelques caractéristiques des bacs de recyclage et de BHS de la PHP

Station	Bac de recyclage		Bac BHS	
	Nb de comp	Vol total	Nombre	Volume
Dia-dia	4	133,0 m ³	1	13 m ³
Kumbe	3	57,8 m ³	1	4 m ³
Loum 1	4	---	1	4 m ³
Nassif bas	4	---	1	4 m ³
Penja ouest	5	---	1	4 m ³
PHP haut	6	---	1	4 m ³

Nb de comp : nombre de compartiment du bac de reprise

Vol comp : volume approximatif du compartiment

Les chiffres 1, 2 et 3 représentent les numéros de compartiment

--- très difficile à évaluer à cause de la forme du bac

Annexe 2 : Les étapes du conditionnement des bananes dessert

Société des Plantations de Mbanga (SPM)

- Arrivée des régimes en station. Les régimes sont transportés dans les tracteurs ou tirés sur des câbles appropriés. Ils sont déchargés et accrochés sur le câble en station si nécessaire.
- Dégainage. Cette opération consiste à enlever la gaine de protection du régime.
- Contrôle de la pulpe. Tous les premiers fruits de la seconde main sont coupés longitudinalement et la pulpe est observée. Elle doit être blanche. Celle qui est de coloration orangée indique que le régime doit être éliminé.
- Elimination du bout de la hampe
- Lavage du régime par pulvérisation d'eau
- Dépattage à l'aide des couteaux
- Dépôt des mains dans le bac de dépattage. Cette opération est souvent exécutée en fonction du grade des fruits.
- Lavage de la main à l'aide d'un torchon et du savon liquide dans le bac de dépattage.
- Formation des bouquets
- Sélection et mise dans le bac de triage divisé par les séparateurs qui oriente le grade et la qualité du fruit.
- Trempage en vue de favoriser l'écoulement de la sève (temps variable 10 à 20 min en fonction des dimensions des bacs en station).
- Premier badigeonnage : trempage des couronnes de tous les bouquets dans la bouillie fongicide.
- Classement des bouquets en 3 rangées sur les plateaux (plus petits, moyens et gros).
- Second badigeonnage par pulvérisation de la bouillie fongicide.
- Pesée du plateau qui doit normalement correspondre à un carton qui pèse entre 18,5 et 18,7 kg.
- Etiquetage. Cette opération consiste à poser des labels adhésifs du client sur chaque bouquet.
- Classement dans les cartons recouvert de papier Banavac.
- Elimination de l'air contenu dans le sachet à l'aide d'une pompe à vide
- Scellée du sachet à l'aide d'une fronde et pose du couvercle carton
- Palettisation. Il s'agit ici de classer les cartons les uns au dessus des autres de manière à former un ensemble de 54 cartons.
- Scellée de la palette
- Codification de la palette. Elle concerne les données sur le mois, le code de la station, le jour de production et le numéro de la palette.

Plantations du Haut Penja (PHP)

- Arrivée des régimes en station. Les régimes sont transportés dans les tracteurs. Ils sont déchargés et accrochés sur le câble en station si nécessaire ;
- Dégainage. Cette opération consiste à enlever la gaine de protection du régime ;
- Contrôle de la pulpe. Tous les premiers fruits de la seconde main sont coupés longitudinalement et la pulpe est observée. Elle doit être blanche. Celle qui est de coloration orangée indique que le régime doit être éliminé ;
- Elimination du bout de la hampe ;
- Lavage du régime par pulvérisation d'eau. Cette étape n'est pas systématique ;
- Dépattage à l'aide des couteaux ;
- Dépôt des mains dans le bac de dépattage. Cette opération est souvent exécutée en tenant compte des séparateurs qui guide le dépôt en fonction du grade des fruits ou de la catégorie de banane à produire ;
- Lavage de la main de banane à l'aide d'un torchon et du savon liquide dans le bac de dépattage ;
- Formation des bouquets ;
- Sélection et mise dans le bac de triage divisé par les séparateurs qui oriente le grade et la qualité du fruit ;
- Trempage en vue de favoriser l'écoulement de la sève (temps variable en fonction des dimensions des bacs en station).

- Premier badigeonnage : trempage des couronnes de tous les bouquets dans la bouillie fongicide.
- Classement des bouquets en 3 rangées sur les plateaux (plus petits, moyens et gros) ;
- Second badigeonnage par pulvérisation de la bouillie fongicide ;
- Pesée du plateau qui doit normalement correspondre à un carton qui pèse entre 18,5 et 18,7 kg.
- Etiquetage. Cette opération consiste à poser des labels adhésifs du client sur chaque bouquet.
- Classement dans les cartons recouvert de papier spécifique au client (banavac, polybac perforé, etc.) ;
- En fonction du type de papier, élimination de l'air contenu dans le sachet à l'aide d'une pompe à vide ;
- Scellée du sachet à l'aide d'une fronde et pose du couvercle carton
- Palettisation. Il s'agit ici de classer les cartons les uns au dessus des autres de manière à former un ensemble de cartons appelé 'palette'. Le nombre de palette dépend de la taille du carton et surtout de la catégorie de banane produite ;
- Scellée de la palette ;
- Codification de la palette. Elle concerne les données sur le mois, le code de la station, le jour de production et le numéro de la palette.

Cameroon Development Corporation (CDC)

- Arrivée des régimes en station. Les régimes sont tirés sur des câbles. Les mains des régimes sont protégées des chocs par des mousses ;
- Prise de quelques paramètres (âge et poids du régime, grade du fruit, etc.) ;
- Dégainage et retrait des mousses. Cette opération consiste à enlever la gaine de protection du régime et à débarrasser les régimes des morceaux d'éponge servant anti-choc ;
- Contrôle de la qualité de la pulpe ;
- Lavage du régime par pulvérisation avec un 'pistolet' pour éliminer les saletés et tout autre insecte ;
- Elimination du bout de la hampe ;
- Dépattage à l'aide des couteaux en fonction des différentes catégories de banane ;
- Dépôt des mains dans le bac de dépattage. Cette opération est souvent exécutée en fonction du grade des fruits ;
- Lavage de la main à l'aide d'un torchon et du savon liquide dans le bac de dépattage ;
- Triage et formation des bouquets ;
- Sélection et mise dans le bac de trempage divisé par les séparateurs spéciaux qui permettent de contrôler la présence ou non d'insectes parasites ;
- Trempage en vue de favoriser l'écoulement de la sève (temps variable en fonction des dimensions des bacs) ;
- Classement des bouquets en 3 rangées sur les plateaux (plus petits, moyens et gros) ;
- Première pulvérisation de la bouillie fongicide (manuelle) ;
- Deuxième pulvérisation de la bouillie fongicide (automatique) ;
- Etiquetage. Cette opération consiste à poser des labels adhésifs du client sur chaque bouquet ;
- Pesée du plateau qui doit normalement correspondre à un carton. Le poids du carton dépend du marché (13,5kg ; 15kg ; 17,1kg ; 18,7kg et 19,1kg ;) ;
- Classement dans les cartons recouvert de papier polyéthylène ou de Banavac ;
- Codification du carton. Elle concerne les données sur la date, le code de la station, la période de production (matinée ou après midi) et le code de la personne ayant chargé le carton ;
- Elimination de l'air contenu dans le sachet à l'aide d'une pompe à vide en fonction du type de papier utilisé ;
- Scellée du sachet à l'aide d'une fronde et pose du couvercle carton ;
- Palettisation. Il s'agit ici de classer les cartons les uns au dessus des autres de manière à former un ensemble appelé 'palette' dont le nombre de cartons varie en fonction de la catégorie de banane produite ;
- Scellée de la palette ;
- Codification de la palette. Elle concerne les données sur le mois, le code de la station, le jour de production et le numéro de la palette.

Annexe 3 : Critères bactériologiques des eaux prélevées sur les stations d’emballage en eau perdue

Quelques critères bactériologiques des eaux de lavage en station non-recyclée de la PHP : le cas de Mantem 2

Paramètres (N/100ml)	B1 (entrée)	B2 (dépattage)	B3 (trempage)
Germes aérobies	63 000	53 000	93 000
Coliformes totaux	21 000	23 000	0
Coliformes fécaux	21 000	23 000	0
Streptocoques fécaux	0	0	0
Sulfite réducteurs	0	0	0
Autres Germes pathogènes	0	0	10 000
Total Germes pathogènes	21 000	23 000	10 000
Total Germes opportunistes	42 000	30 000	83 000

Quelques critères bactériologiques des eaux de lavage en station non-recyclée de la CDC : le cas de Mafanja two

Paramètres (N/100ml)	B1 (entrée)	B2 (dépattage)	B3 (trempage)
Germes aérobies	187 000	272 000	233 000
Coliformes totaux	36 000	22 000	0
Coliformes fécaux	36 000	22 000	0
Streptocoques fécaux	0	0	0
Sulfite réducteurs	0	0	0
Autres Germes pathogènes	16 000	18 000	73 000
Total Germes pathogènes	52 000	40 000	73 000
Total Germes opportunistes	135 000	232 000	160 000

Annexe 4 : Critères bactériologiques des eaux de lavage prélevées sur les stations recyclées dont la fréquence de vidange des bacs de reprise est hebdomadaire

Variation de quelques critères bactériologiques en station recyclée dont la fréquence de vidange est hebdomadaire : le cas de la PHP Bas

Paramètres (N/100ml)	A1 (entrée)	A2 (BD)	A3 (BT)	A4 (R1J)	A5 (R2J)	A6 (R4J)	A7 (R6J)
Germes aérobies	205 000	158 000	267 000	281 000	206 000	163 000	186 000
Coliformes totaux	42 000	0	73 000	0	0	75 000	0
Coliformes fécaux	42 000	0	73 000	0	0	75 000	0
Streptocoques fécaux	0	0	0	0	0	16 000	82 000
Sulfito réducteurs	0	0	0	0	0	0	0
Autres Germes pathogènes	0	0	51 000	75 000	93 000	28 000	0
Total Germes pathogènes	42 000	0	124 000	75 000	93 000	119 000	82 000
Total Germes opportunistes	163 000	158 000	143 000	206 000	113 000	44 000	104 000

B. D : bac de dépaillage ; B. T : bac de trempage ; R1J : recyclage pendant un jour ; R2J : recyclage pendant deux jours ; R4J : recyclage pendant quatre jours ; R6J : recyclage pendant six jours

Variation de quelques critères bactériologiques en station recyclée dont la fréquence de vidange est hebdomadaire : le cas de Mpoula 1

Paramètres (N/100ml)	A1 (entrée)	A2 (BD)	A3 (BT)	A4 (R1J)	A5 (R2J)	A6 (R4J)	A7 (R6J)
Germes aérobies	27 000	236 000	153 000	276 000	213 000	138 000	121 000
Coliformes totaux	27 000	58 000	153 000	0	82 000	66 000	48 000
Coliformes fécaux	27 000	58 000	153 000	0	82 000	66 000	48 000
Streptocoques fécaux	0	0	0	0	0	0	0
Sulfito réducteurs	0	0	0	0	0	0	0
Autres Germes pathogènes	0	38 000	0	71 000	0	36 000	0
Total Germes pathogènes	27 000	96 000	153 000	71 000	82 000	102 000	48 000
Total Germes opportunistes	0	140 000	0	205 000	131 000	36 000	73 000

B. D : bac de dépaillage ; B. T : bac de trempage ; R1J : recyclage pendant un jour ; R2J : recyclage pendant deux jours ; R4J : recyclage pendant quatre jours ; R6J : recyclage pendant six jours

Annexe 5 : Critères bactériologiques des eaux de lavage prélevées sur les stations recyclées dont la fréquence de vidange des bacs de reprise est bihebdomadaire

Variation des critères bactériologiques analysés en station recyclée dont la fréquence de vidange est bihebdomadaire : le cas de Djoungo

Paramètres (N/100ml)	A1 (entrée)	A2 (BD)	A3 (BT)	A4 (R1J)	A5 (R2J)	A6 (R3J)
Germes aérobies	87 000	217 000	216 000	149 000	117 000	227 000
Coliformes totaux	0	0	42 000	43 000	0	27 000
Coliformes fécaux	0	0	42 000	43 000	0	27 000
Streptocoques fécaux	0	0	0	0	0	0
Sulfito réducteurs	0	0	0	0	0	0
Autres Germes pathogènes	0	14 000	21 000	13 000	10 000	10 000
Total Germes pathogènes	0	14 000	63 000	56 000	10 000	37 000
Total Germes opportunistes	87 000	203 000	153 000	93 000	107 000	190 000

B. D : bac de dépaillage ; B. T : bac de trempage ;

R1J : recyclage pendant un jour ; R2J : recyclage pendant deux jours ; R3J : recyclage pendant trois jours

Variation des critères bactériologiques analysés en station recyclée dont la fréquence de vidange est bihebdomadaire : le cas de Njombé Palmeraie

Paramètres (N/100ml)	A1 (entrée)	A2 (BD)	A3 (BT)	A4 (R1J)	A5 (R2J)	A6 (R3J)
Germes aérobies	151 000	283 000	149 000	318 000	337 000	321 000
Coliformes totaux	0	0	42 000	131 000	64 000	72 000
Coliformes fécaux	0	0	0	0	0	72 000
Streptocoques fécaux	0	0	0	0	0	0
Sulfito réducteurs	0	0	0	0	0	0
Autres Germes pathogènes	0	75 000	13 000	10 000	153 000	121 000
Total Germes pathogènes	0	75 000	55 000	141 000	217 000	193 000
Total Germes opportunistes	151 000	208 000	94 000	177 000	120 000	128 000

B. D : bac de dépaillage ; B. T : bac de trempage ;

R1J : recyclage pendant un jour ; R2J : recyclage pendant deux jours ; R3J : recyclage pendant trois jours

Annexe 6 : Critères bactériologiques des eaux de lavage prélevées sur les stations recyclées dont la fréquence de vidange des bacs de reprise est journalière

Variation de quelques critères bactériologiques étudiés en station recyclée dont la fréquence de vidange est journalière : le cas de Douane

Paramètres	A1 (entrée)	A2 (BD)	A3 (BT)	A4 (rejet)
Germes aérobies	153 000	196 000	196 000	174 000
Coliformes totaux	61 000	78 000	78 000	82 000
Coliformes fécaux	61 000	78 000	78 000	82 000
Streptocoques fécaux	0	0	0	17 000
Sulfito réducteurs	0	0	0	0
Autres germes pathogènes	0	0	0	0
Total germes pathogènes	61 000	78 000	78 000	99 000
Total germes opportunistes	92 000	118 000	118 000	75 000

B. D : bac de dépaillage ; B. T : bac de trempage

Variation de quelques critères bactériologiques étudiés en station recyclée dont la fréquence de vidange est journalière : le cas de Siège

Paramètres	A1 (entrée)	A2 (BD)	A3 (BT)	A4 (rejet)
Germes aérobies	178 000	216 000	210 000	272 000
Coliformes totaux	72 000	0	87 000	82 000
Coliformes fécaux	72 000	0	87 000	82 000
Streptocoques fécaux	0	0	0	0
Sulfito réducteurs	0	0	0	0
Autres germes pathogènes	0	36 000	0	0
Total germes pathogènes	72 000	36 000	87 000	82 000
Total germes opportunistes	106 000	180 000	123 000	190 000

B. D : bac de dépaillage ; B. T : bac de trempage

Annexe 7 : Seuil limites de quelques paramètres analytiques des eaux de process ou des eaux à la sortie des unités agro-alimentaires

Seuil limites des caractéristiques physicochimiques des eaux de process (Source : Laboratoire Hydrac, Cameroun)

Paramètres	Seuil limite
DCO (mg/l)	200 MAX
DBO (mg/l)	30 MAX
pH	6,5-8,5
Turbidité (FTU/NTU)	7,5 MAX
MES (mg/l)	< 1000 MAX
Aluminium (mg/l)	0,2 MAX
Nitrates (mg/l)	50 MAX
Nitrites (mg/l)	0,1 MAX
Fer (mg/l)	5 MAX

Seuils limites des caractéristiques bactériologiques des eaux de process (Source : Laboratoire Hydrac, Cameroun)

Paramètres	Seuil limite (N/100ml)
Germes aérobies	<i><=20000</i>
Coliformes totaux	<i>=< 10 000</i>
Coliformes fécaux	<i>=2000</i>
Streptocoques fécaux	<i>=100</i>
Sulfite réducteurs	<i>=0</i>
Autres germes pathogènes	<i>---</i>
Total germes pathogènes	<i>=< 10 000</i>
Total germes opportunistes	<i><=20 000</i>

Annexe 8 : Caractérisation physicochimique des eaux de lavage provenant des stations d'emballage en eau perdue

Critères physicochimiques des eaux de lavage en station non-recyclée de la PHP : le cas de Mantem 2

Paramètres	B1 (entrée)	B2 (B. D)	B3 (B. T)
DCO (mg/l)	189,000	176,000	68,000
DBO (mg/l)	10,000	11,000	1,000
pH	7,50	8,00	8,00
Turbidité (FTU/NTU)	2,145	6,18	2,67
MES (mg/l)	0,0	100,0	0,0
Aluminium (mg/l)	0,0008	0,0000	0,0010
Nitrates (mg/l)	0,4000	0,0000	0,3000
Nitrites (mg/l)	0,0115	0,0212	0,0567
Fer (mg/l)	0,3200	0,3700	0,4400

B. D : bac de dépaillage ; B. T : bac de trempage

Critères physicochimiques des eaux de lavage en station non-recyclée de la CDC : le cas de Mafanja Two

Paramètres	B1 (entrée)	B2 (B. D)	B3 (B. T)
DCO (mg/l)	146,000	90,000	205,000
DBO (mg/l)	1,000	6,000	22,000
pH	8,00	8,00	8,00
Turbidité (FTU/NTU)	6,487	13,965	11,19
MES (mg/l)	0,0	100,0	100,0
Aluminium (mg/l)	0,0282	0,0181	0,0110
Nitrates (mg/l)	0,6000	0,2000	0,3000
Nitrites (mg/l)	0,0000	0,0357	0,0056
Fer (mg/l)	0,0900	0,1100	0,0600

B. D : bac de dépaillage ; B. T : bac de trempage

Annexe 9 : Caractérisation physicochimique des eaux de lavage provenant des stations d’emballage en eau recyclée et dont la fréquence de vidange du bac de reprise est journalière

Variation de quelques critères physicochimiques en station recyclée dont la fréquence de vidange est journalière : le cas de Siège (SPM)

Paramètres	A1 (début)	A2 (B. D)	A3 (B. T)	A4 (R. N)
DCO (mg/l)	5,000	27,000	30,000	30,000
DBO (mg/l)	14,000	0,600	1,000	1,200
pH	7,00	7,00	7,00	7,00
Turbidité (FTU/NTU)	1,822	11,505	30,525	7,447
MES (mg/l)	0,0	200,0	100,0	0,0
Aluminium (mg/l)	0,009	0,227	0,291	0,140
Nitrates (mg/l)	0,500	3,929	5,127	0,800
Nitrites (mg/l)	0,000	0,005	0,017	0,000
Fer (mg/l)	0,000	0,010	0,130	0,200

B. D : bac de dépaillage ; B. T : bac de trempage ; R. N : rejet dans la nature

Variation de quelques critères physicochimiques en station recyclée dont la fréquence de vidange est journalière : le cas de Douanes (SPM)

Paramètres	A1 (début)	A2 (B. D)	A3 (B. T)	A4 (R. N)
DCO (mg/l)	5,000	10,000	18,000	15,000
DBO (mg/l)	0,700	14,000	12,000	7,000
pH	7,00	7,00	7,00	7,00
Turbidité (FTU/NTU)	2,977	6,96	6,337	9,06
MES (mg/l)	0,0	0,0	0,0	0,0
Aluminium (mg/l)	0,018	0,296	0,400	0,481
Nitrates (mg/l)	0,000	0,300	0,700	0,000
Nitrites (mg/l)	0,000	0,000	0,000	0,000
Fer (mg/l)	0,160	0,250	0,200	0,290

B. D : bac de dépaillage ; B. T : bac de trempage ; R. N : rejet dans la nature

Annexe 10 : Caractérisation physicochimique des eaux de lavage provenant des stations d’emballage en eau recyclée et dont la fréquence de vidange du bac de reprise est bihebdomadaire

Variation des critères physicochimiques en station recyclée dont la fréquence de vidange est bihebdomadaire : le cas de Djoungo (PHP)

Paramètres	A1 (entrée)	A2 (B. D)	A3 (B. T)	A4 (R1J)	A5 (R2J)	A6 (R3J)
DCO (mg/l)	30,00	358,00	101,00	199,00	182,00	304,00
DBO (mg/l)	0,80	10,00	1,40	12,50	1,60	11,00
pH	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Turbidité (FTU/NTU)	0,645	7,477	2,685	3,112	7,89	4,455
MES (mg/l)	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Aluminium (mg/l)	0,000	0,012	0,030	0,015	0,038	0,093
Nitrates (mg/l)	0,600	0,000	0,200	0,300	0,000	0,000
Nitrites (mg/l)	0,000	0,185	0,221	0,114	0,394	0,496
Fer (mg/l)	0,280	0,170	0,140	0,000	0,100	0,000

B. D : bac de dépaillage ; B. T : bac de trempage ; R1J : recyclage pendant un jour ; R2J : recyclage pendant deux jours ; R3J : recyclage pendant trois jours

Variation des critères physicochimiques en station recyclée dont la fréquence de vidange est bihebdomadaire : le cas de Njombé palmeraie (PHP)

Paramètres	A1 (entrée)	A2 (B. D)	A3 (B. T)	A4 (R1J)	A5 (R2J)	A6 (R3J)
DCO (mg/l)	20,00	80,00	141,00	45,00	191,00	437,00
DBO (mg/l)	8,00	0,90	10,80	0,90	12,00	10,50
pH	8,00	7,00	7,00	7,00	7,00	6,50
Turbidité (FTU/NTU)	5,332	5,655	7,342	6,405	8,182	5,812
MES (mg/l)	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	100,0
Aluminium (mg/l)	0,143	0,361	0,052	0,379	0,153	0,196
Nitrates (mg/l)	0,400	0,200	1,200	0,000	0,000	0,000
Nitrites (mg/l)	0,005	0,126	0,756	0,652	0,505	0,466
Fer (mg/l)	0,090	0,200	0,060	0,090	0,060	0,000

B. D : bac de dépaillage ; B. T : bac de trempage ; R1J : recyclage pendant un jour ; R2J : recyclage pendant deux jours ; R3J : recyclage pendant trois jours

Annexe 11 : Caractérisation physicochimique des eaux de lavage provenant des stations d’emballage en eau recyclée et dont la fréquence de vidange du bac de reprise est hebdomadaire

Variation de critères physicochimiques en station recyclée dont la fréquence de vidange est hebdomadaire : le cas de PHP bas (PHP)

Paramètres	A1 (entrée)	A2 (B. D)	A3 (B. T)	A4 (R1J)	A5 (R2J)	A6 (R4J)	A7 (R6J)
DCO (mg/l)	4,000	7,000	18,000	30,000	30,000	18,000	35,000
DBO (mg/l)	0,400	1,800	0,300	1,600	6,000	1,100	0,700
pH	7,50	7,00	7,00	6,00	7,00	7,00	7,00
Turbidité (FTU/NTU)	2,250	15,975	13,275	8,167	11,190	12,450	17,805
MES (mg/l)	0,0	200,0	200,0	200,0	100,0	0,0	200,0
Aluminium (mg/l)	0,0000	0,6596	1,2187	0,8476	0,2701	0,1423	0,2485
Nitrates (mg/l)	2,7641	8,3147	7,8765	9,1574	0,8000	0,5000	16,9480
Nitrites (mg/l)	0,010	0,1403	0,101	0,0972	0,0000	0,0000	0,0000
Fer (mg/l)	0,3048	1,0162	2,4624	3,3185	0,1000	0,1000	0,1600

B. D : bac de dépaillage ; B. T : bac de trempage ; R1J : recyclage pendant un jour ; R2J : recyclage pendant deux jours ; R4J : recyclage pendant quatre jours ; R6J : recyclage pendant six jours

Variation de critères physicochimiques en station recyclée dont la fréquence de vidange est hebdomadaire : le cas de Mpoula 1 (PHP)

Paramètres	A1 (entrée)	A2 (B. D)	A3 (B. T)	A4 (R1J)	A5 (R2J)	A6 (R4J)	A7 (R6J)
DCO (mg/l)	4,000	10,000	10,000	18,000	30,000	25,000	30,000
DBO (mg/l)	0,700	0,000	0,400	1,700	0,800	1,000	0,200
pH	7,50	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Turbidité (FTU/NTU)	0,367	4,500	5,775	9,000	9,292	13,222	15,922
MES (mg/l)	0,0	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0	100,0
Aluminium (mg/l)	0,0300	0,0500	0,0231	0,0978	0,1597	0,2603	0,0755
Nitrates (mg/l)	4,2135	5,8352	6,4345	6,4607	0,5000	6,8203	7,3708
Nitrites (mg/l)	0,033	0,081	0,121	0,1999	0,0045	0,0237	0,0337
Fer (mg/l)	0,2657	2,0559	1,2038	1,7471	0,2000	0,1000	0,1300

B. D : bac de dépaillage ; B. T : bac de trempage ; R1J : recyclage pendant un jour ; R2J : recyclage pendant deux jours ; R4J : recyclage pendant quatre jours ; R6J : recyclage pendant six jours

Annexe 12 : Programme de déroulement de la mission d'expertise au Cameroun

Mission d'expertise au Cameroun : ATF/QEL Programme prévisionnel

Jour 1

- Départ de Njombé (Gérard Ngoh Newilah et 2 chauffeurs du CARBAP)
- Accueil de la délégation française à l'aéroport international de Douala au Cameroun
- Installation à l'hôtel (faire une réservation avant le 25 mars 2010) et nuitée à Douala

Personnes concernées : Gérard Ngoh Newilah et 2 chauffeurs du CARBAP

Jour 2 - CARBAP – Njombé

07h30 : Départ de Douala pour Njombé

09h00 : Arrivée au CARBAP à Njombé

09h30 – 10h30 : Présentation du CARBAP (visite des laboratoires) Gérard

10h30 – 11h30 : Présentation du projet (objectifs, activités, état d'avancement, etc.) Gérard

11h30 – 12h30 : Présentation des résultats déjà obtenus (Gérard) – discussions

12h30 - 13h45 : Déjeuner à l'hôtel Lux'Or ou au Club PHP

Personnes concernées : Les 6 experts et 2 chauffeurs du CARBAP ainsi que la direction du CARBAP

Après-midi (salle de réunion CARBAP)

14h15 - 17h30 Réunion avec les représentants des services 'qualité' des plantations agro-industrielles (CDC, SPM, PHP)

17h00 – xxx h – discussions – fin de la journée

*Personnes concernées : Les représentants des services « qualité » de la PHP, SPM et CDC
Les 6 experts et 2 chauffeurs du CARBAP*

- Nuitée à l'hôtel de Lux'Or

Jour 3

Matin

8h00 - 12h30 : Visite des stations de conditionnement de la PHP (Mantem, Mpoula 1)

13h00 - 14h30 : Déjeuner à l'hôtel Lux'Or ou au Club PHP

Après-midi

14h30 -18h30 Visite des stations de conditionnement (Njombé palmeraie, Djoungo, PHP bas)

18h30 – xx h Travaux en salle de réunion du CARBAP (données, etc.)

Personnes concernées : Les 6 experts et 2 chauffeurs du CARBAP

- Nuitée à l'hôtel de Malte à Mbanga

Jour 4

Matin

8h00 - 12h30 : Visite des stations de conditionnement de la PHP (Njombé Palmeraie et Djoungo) et SPM (Siège et Douanes)

13h00 - 14h30 : Déjeuner à l'hôtel Lux'Or ou au Club PHP

Après-midi

14h30 - 17h30 Travaux en salle de réunion du CARBAP

19h00 – xx h Suite des travaux à l'hôtel

Personnes concernées : Les 6 experts et 2 chauffeurs du CARBAP

- Nuitée à l'hôtel de Malte à Mbanga

Jour 5

Matin

7h30 - 12h30 : Visite des stations de conditionnement de la CDC - Delmonte (Mafanja 2, Ekona) dans le Sud – Ouest

13h00 - 14h30 : Déjeuner à l'hôtel Ibis à Douala

Après-midi

14h30 - 18h30 Visite et séance de travail au laboratoire HYDRAC à Douala

19h00 – xxh Suite des travaux à l'hôtel

Personnes concernées : Les 6 experts et 2 chauffeurs du CARBAP

- Nuitée à l'hôtel Ibis à Douala

Jour 6

Matin

10h - 13h30 : Visite et séance de travail à l'ASSOBACAM : réunion de restitution
Présentation des technologies disponibles de traitement des eaux

13h30 - 15h00 : Déjeuner

Après-midi

14h15 – 18h30 : Travaux à l'hôtel Ibis à Douala

- Nuitée à l'hôtel Ibis à Douala

Jour 7

Matin

8h00 - 12h30 : Préparation des éléments du rapport

12h30 - 14h00 : Déjeuner

Après-midi

15h30 -18h30 Conclusions et recommandations / Libre (courses, etc.)

19h30 – 20h15 : Départ pour l'aéroport

22h30 – 23h55 : Départ du Cameroun et fin de la mission pour les 5 experts français

Personnes concernées : Les 6 experts et 2 chauffeurs du CARBAP

Jour 8

Matin

8h00 : Départ de Douala

9h30 : Retour à Njombé et fin de la mission

Personnes concernées : Gérard Ngoh Newilah et 2 chauffeurs du CARBAP dans véhicule Gérard

Annexe 13 : Liste des participants aux réunions tenues au cours de la semaine de mission d'expertise au Cameroun

ATF / QUALITE DES EAUX DE LAVAGE EN STATION DE CONDITIONNEMENT DES BANANES DESSERT AU CAMEROUN

REUNION RESPONSABLES QUALITE – EXPERTS

LIEU : SALLE DE REUNION DU CARBAP A NJOMBE

LISTE DES PARTICIPANTS

N°	Noms et prénoms	Institution	Qualité	Contact
1	Cécile EWANE	CARBAP	Chercheur	237 99 55 01 53
2	Gérard NGOH NEWILAH	CARBAP	Chercheur	237 99 68 52 20
3	Alexis ARAUZ	SPM	Responsable Qualité	237 96 57 12 09
4	Ben MEDRANA	PHP	Responsable Qualité	237 75 29 47 76
5	Betty NDELLE	PHP	Contrôleur Qualité	237 77 17 17 98
6	Jean Daniel NGOU NGOUPAYOU	CARBAP	Directeur pi	237 99 56 90 46
7	Luc de LAPEYRE	CIRAD	Chercheur	
8	Jacques SIMO	SPM	Responsable Phyto	237 99 88 09 85
9	Robert Sylvain YAWAT	SPM	Superviseur Qualité	237 75 09 71 79
10	Didier ROBERT	CNRS	Enseignant – Chercheur	
11	Christelle WISNIEWSKI	Université MPL 1	Enseignant – Chercheur	33 (4) 67 54 85 58
12	Marie Noëlle DUCAMP	CIRAD	Chercheur	33 (4) 67 61 55 57

ATF / QUALITE DES EAUX DE LAVAGE EN STATION DE CONDITIONNEMENT DES BANANES DESSERT AU CAMEROUN


REUNION DE RESTITUTION

LIEU : SALLE DE REUNION DE L'ASSOBACAM A DOUALA

LISTE DES PARTICIPANTS

N°	Noms et prénoms	Institution	Qualité	Contact
1	Marie Noëlle DUCAMP	CIRAD	Chercheur	33 (4) 67 61 55 57
2	Christelle WISNIEWSKI	Université MPL 1	Enseignant – Chercheur	33 (4) 67 54 85 58
3	Didier ROBERT	CNRS	Enseignant – Chercheur	
4	Bedian Sara	SPM	Resp. environnement	237 99 13 07 23
5	Ben MEDRANA	PHP	Resp. Qualité	237 75 29 47 76
6	Pierre Kameni	PHP	Resp. Environnement	237 99 52 27 55
7	Alain Fonin	CARBAP	GAF – CARBAP	
8	Jean Daniel NGOU NGOUPAYOU	CARBAP	Directeur pi	237 99 56 90 46
9	Alexis ARAUZ	SPM	Responsable Qualité	237 96 57 12 09
10	Luc de LAPEYRE	CIRAD	Chercheur	
11	Paul JEANGILLE	A.T. – Banane	Assistant Technique	237 76 59 11 85
12	Marcel KOUPELLE	ASSOBACAM		237 99 03 42 70
13	Gérard NGOH NEWILAH	CARBAP	Chercheur	237 99 68 52 20

Annexe 14 : Avis positif de l'AFSSA (agence française de sécurité sanitaire des aliments) relatif à l'emploi d'un système lactoperoxydase comme auxiliaire technologique pour le traitement des salades



afssa
AGENCE FRANÇAISE
DE SÉCURITÉ SANITAIRE
DES ALIMENTS

Afssa – Saisine n° 2003-SA-0015
Saisines liées n° 2002-SA-0167 et n° 2001-SA-0169
Maisons-Alfort, le 2 juin 2003

AVIS

de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments
relatif à l'autorisation d'emploi d'un système lactoperoxydase
comme auxiliaire technologique pour le traitement
des salades IV^{ème} gamme

Par courrier reçu le 9 janvier 2003, l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) a été saisie le 6 janvier 2003 par la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes d'une demande d'avis relatif à l'autorisation d'emploi d'un système lactoperoxydase comme auxiliaire technologique pour la décontamination des salades IV^{ème} gamme.

Deux avis relatifs à cette demande ont été émis par l'Afssa, respectivement le 7 mars 2002 (relatif à la saisine n° 2001-SA-0169) et le 6 novembre 2002 (relatif à la saisine n° 2002-SA-0167) ; le premier avis indiquait notamment que l'absence d'un certain nombre de données toxicologiques et microbiologiques (détaillées dans cet avis) ne permettait pas de démontrer l'innocuité pour le consommateur et l'efficacité du procédé objet de la demande.

Sur le fondement d'un nouveau dossier présenté par le pétitionnaire, et après consultation des Comités d'experts spécialisés « Additifs, arômes et auxiliaires technologiques » réuni le 1^{er} avril 2003, et « Microbiologie », réuni le 22 avril 2003, l'Afssa rend l'avis suivant.

Principe et intérêt du procédé

Principe
Considérant que le principe du procédé consiste en la formation d'ions isothiocyanate (OSCN⁻) à action antimicrobienne, produite par passage d'une eau enrichie en thiocyanate de potassium et en peroxyde d'hydrogène sur un réacteur contenant de la lactoperoxydase fixée sur un support (particules d'argile) ;

Considérant que le système présenté permet de produire une eau contenant des isothiocyanate en conditions industrielles, pouvant être utilisée pour le lavage des salades dans une chaîne de production de salades IV^{ème} gamme ;

Considérant que le procédé évalué vise à produire des ions isothiocyanate à une concentration de 0,6 mM, à partir de peroxyde d'hydrogène et de thiocyanate de potassium à une concentration maximale de 2 mM ;

Intérêt vis-à-vis de l'utilisation du chlore
Considérant que l'usage du chlore pour le traitement des produits de IV^{ème} gamme peut être utilisé pour améliorer leur qualité microbiologique, avec une valeur cible de 80 ppm de chlore actif ;

Considérant que les salades traitées par le procédé se comportent comme les salades traitées avec de l'eau chlorée ;

27-33 avenue
de l'Europe - Maisons
Alfort 93012
Maisons Alfort Cedex
Tél : 01 49 77 13 00
Fax : 01 49 77 08 10
www.afssa.fr
RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Cette est bonne pratique d'hygiène des produits végétaux crus prêts à l'emploi, 1998

1 / 4

Efficacité microbiologique du procédé

Considérant que, sur les aspects microbiologiques, le dossier présenté est sensiblement amélioré par rapport aux dossiers précédemment évalués et apporte des réponses aux différentes questions posées relatives à l'efficacité microbiologique du produit ; et que ces éléments de réponse comportent :

1- une mesure de l'efficacité du procédé sur des bactéries pathogènes pertinentes, et des virus

Flora aérobie mésophile

Considérant que le procédé semble effectivement apporter le même effet que le chlore en tant qu'auxiliaire technologique, dans les conditions de la IV^{ème} gamme, et pour les indicateurs microbiologiques utilisés dans cette filière (microflore aérobie mésophile), sous réserve d'utiliser les mêmes conditions de mise en œuvre que dans le dossier présenté ;

Bactéries pathogènes

Considérant qu'en conditions de laboratoire l'isothiocyanate généré par le procédé à des concentrations proches de 0,6mM possède une activité bactéricide sur des bactéries pathogènes susceptibles de contaminer les matières premières végétales et pouvant y représenter un danger ; considérant toutefois que cette activité bactéricide (bien que significative) est inférieure (une puissance de dix en moyenne) à celle du chlore, et montre qu'il ne peut être considéré au sens strict comme un substitut au chlore ;

Considérant qu'il convient cependant de souligner que l'activité du chlore est fortement diminuée en présence de matières organiques (en présence de feuilles de salades notamment) ; et qu'il n'a ainsi jamais été constaté de diminution de contamination supérieure à 1 ou 2 puissances de dix sur des feuilles de salade artificiellement contaminées en *Listeria* et traitées par une solution à 50 ppm de chlore ;

Virus

Curs devant que des publications sur l'effet antimicrobien du système lactoperoxydase au regard du virus de l'herpès et du VIH sont présentées dans le dossier ; considérant toutefois que le choix de ces virus n'apparaît pas pertinent ;

Considérant par ailleurs que peu de ces publications précisent la quantité d'isothiocyanate produite, ce qui rend difficile la comparaison avec les travaux du pétitionnaire ; que lorsque la comparaison est possible, les résultats sont comparables avec ceux présentés dans le dossier ;

Considérant qu'il apparaît donc difficile de conclure quant à l'efficacité du procédé sur les virus ;

2- une mesure du pouvoir désinfectant sur l'eau de lavage des salades IV^{ème} gamme

Considérant que les essais réalisés démontrent que le procédé permet une réduction de la microflore aérobie mésophile de l'eau de lavage équivalente à celle de 100 ppm de chlore, dose supérieure à celle utilisable pour le traitement des salades IV^{ème} gamme (80 ppm) ;

3- des informations sur le neutralisant utilisé lors des analyses

Considérant que l'isothiocyanate est neutralisé avant analyse par l'addition de cystéine, et que le pétitionnaire a apporté la preuve que la cystéine, aux concentrations utilisées, neutralise effectivement l'activité antibactérienne avant l'analyse bactériologique ;

Considérant donc que la démonstration de l'efficacité du procédé de neutralisation est apportée ;

4- une présentation des essais industriels permettant de visualiser la réduction de la population microbienne entraînée par le traitement envisagé

Considérant que deux essais industriels en ligne, le premier essai comprenant lui-même le traitement de plusieurs types de salades, sont présentés ;

Considérant que, pour chaque essai, les données brutes sont présentées avec les écarts types et la réduction apportée par les principes actifs (procédé revendiqué et chlore comme témoin) apparaît clairement, et qu'il en ressort que l'isothiocyanate produit à 0,6 mM dans l'eau de lavage équivaut à 120 ppm de chlore et permet une réduction de la microflore aérobique mésophile de 1,5 à 2 puissances de dix ;

5- une présentation de la variabilité entre les trois analyses réalisées dans les essais mis en œuvre

Considérant que des dénombrements microbiologiques bruts avec les écarts types, calculés le plus souvent sur 3 échantillons, sont présentés dans le dossier ;

Evaluation toxicologique du procédé

Considérant que dans les conditions normales de fonctionnement du procédé lors des essais industriels ;

- les données analytiques présentées montrent une absence de peroxyde d'hydrogène et d'activité enzymatique lactoperoxydase dans le bain de lavage des salades, pendant et en fin de production ;
- les données analytiques présentées montrent une production stable d'ions isothiocyanate pendant et en fin de production et qu'il est prévu de réaliser régulièrement ces analyses lors du fonctionnement industriel du procédé ;

Considérant que le procédé évalué comporte un système de filtres et de mesures de turbidité, afin de contrôler que des matières en suspension provenant du réacteur ne sont pas relarguées dans l'eau de lavage ;

Considérant que le procédé évalué comporte des contrôles en continu pour déterminer la concentration en ions thiocyanate de l'eau de lavage ;

Considérant que le procédé évalué inclut une étape finale de rinçage et que cette étape utilise de l'eau potable non recyclée ;

Considérant que les données analytiques présentées montrent que la concentration résiduelle de thiocyanate dans les salades est inférieure à 0,5 mg/kg de salade après le rinçage final ;

Considérant que selon les données analytiques présentées par le pétitionnaire, les calculs maximalistes réalisés sur la base d'une consommation au 95^{ème} percentile des légumes feuilles et fines herbes fraîches de 62 g/jour² et d'une concentration résiduelle de thiocyanate dans les salades rincées de 0,5 mg/kg, conduiraient à une exposition aux ions thiocyanate d'environ 0,03 mg/jour ;

Considérant que les calculs d'exposition moyenne provenant de l'ingestion de salive, aboutissent à un apport théorique normal en ions thiocyanate qui peut atteindre 25 mg/jour chez l'homme,

² La consommation de fruits, légumes et autres produits alimentaires. Actualisation des régimes alimentaires permettant la fixation des LMR de pesticides. Complément à la note n°118. Estimation des niveaux de consommation des forts consommateurs. Afssa, DERNs - Observatoire des Consommations Alimentaires. J. Maffre et J-L. Volatier. Juillet 2000.

Au vu de l'ensemble des considérations sus-mentionnées, l'Afssa estime que la consommation des salades crues prêtes à l'emploi (IV^{ème} gamme) traitées avec le procédé évalué, sous les conditions de fonctionnement décrites dans le dossier d'évaluation, n'est pas de nature à présenter un risque sanitaire pour le consommateur.

L'Afssa souligne toutefois qu'au vu des éléments présentés, il ne paraît pas possible de conclure sur l'efficacité virucide du procédé.

Martin HIRSCH